



**Bachelorarbeit des Studiengangs
Augenoptik und Hörakustik**

Jacqueline Mann

Vergleich des Freiburg Visual Acuity Test (FrACT) mit ETDRS- und Landoltring- Sehzeichentafeln

Analyse der Übereinstimmung der Visusergebnisse und
deren Retest-Reliabilität

Prüfer: Prof. Dr. med. Ulrich Schiefer

Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Annemarie Buser

Vergleich des Freiburg Visual Acuity Test (FrACT) mit ETDRS- und Landoltring-Sehzeichentafeln

Analyse der Übereinstimmung der Visusergebnisse und deren Retest-Reliabilität

Zugelassene Abschlussarbeit des Studiengangs Augenoptik und Hörakustik
zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science

vorgelegt von
Jacqueline Mann

Tag der Einreichung:

28.10.2014

Fakultät Augenoptik und Hörakustik
Hochschule Aalen

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorthesis selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und keine andere als die angegebene Literatur benutzt habe. Alle von anderen Autoren wörtlich übernommenen Stellen wie auch die sich an die Gedankengänge anderer Autoren eng anlehnenden Ausführungen meiner Arbeit sind besonders gekennzeichnet. Diese Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Aalen im Zuge meines Bachelorstudiums der Augenoptik.

Ein herzliches Dankeschön richte ich an meinen Bachelorvater Professor Dr. med. Ulrich Schiefer für das Überlassen des Themas und die informativen Gespräche während der gesamten Zeit der Bearbeitung. Ebenfalls bedanke ich mich bei Professor Dr. rer. nat. Annemarie Buser, dass sie die Zweitkorrektur übernommen und bezüglich der statistischen Auswertung, konstruktive Anregungen gegeben hat.

Zudem bedanke ich mich bei allen, an dieser Studie involvierten Probanden, für ihr entgegengebrachtes Interesse und die aufgewendete Zeit.

Besonderer Dank gilt Matthias Müller für die Einführung und Unterstützung in Bezug auf das Programm „R“ zur statistischen Auswertung und für die Motivation während der Bearbeitungszeit. Auch Christina Kraus gilt ein herzliches Dankeschön dafür, dass sie viele Termine koordiniert hat und für viele Anfragen erreichbar war.

Meinen Eltern möchte ich für die Geduld, das entgegengebrachte Vertrauen und die moralische Unterstützung danken, die sie mir zu jeder Zeit entgegenbringen. Meinen Freunden Patrick Jakob und Désirée Baumunk danke ich für die motivierenden und aufbauenden Gespräche.

Jacqueline Mann, im Oktober 2014

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Erklärung..... | II |
| Danksagung..... | III |
| Inhaltsverzeichnis | IV |
| Abkürzungen | VI |
| Abstract..... | 1 |
| 1 Einleitung..... | 4 |
| 1.1 Stand der Forschung | 4 |
| 1.2 Ziele der Arbeit | 5 |
| 2 Material und Methoden..... | 6 |
| 2.1 Probandenkriterien..... | 6 |
| 2.2 Ablauf der Untersuchungen..... | 8 |
| 2.3 Voruntersuchungen..... | 8 |
| 2.4 Hauptuntersuchungen | 11 |
| 2.4.1 Versuchsaufbau und Ablauf..... | 11 |
| 2.5 Sehschärfebestimmung mit verschiedenen Testverfahren | 12 |
| 2.5.1 Freiburg Visual Acuity Test (FrACT) | 13 |
| 2.5.2 Freiburg Visual Acuity Test; Eingabe mit Keypad (FrACT _k) | 15 |
| 2.5.3 Freiburg Visual Acuity Test; Eingabe mit drehbarem Landoltring (FrACT _h)..... | 16 |
| 2.5.4 Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) – Sehzeichentafeln..... | 16 |
| 2.5.5 Landoltring-Sehzeichentafeln..... | 17 |
| 2.6 Statistische Auswertung..... | 18 |
| 3 Ergebnisse..... | 21 |
| 3.1 Vergleich der Ergebnisse der beiden Eingabemethoden FrACT _h und FrACT _k – Übereinstimmung der Visusergebnisse..... | 21 |
| 3.2 Vergleich der Ergebnisse von FrACT _h , FrACT _k , ETDRS- und Landoltring – Sehzeichentafeln – Übereinstimmung der Visusergebnisse..... | 22 |
| 3.3 Retest – Reliabilität | 23 |
| 4 Diskussion | 28 |
| 4.1 Diskussion der Ergebnisse zum Vergleich von FrACT _h , FrACT _k , ETDRS- und Landoltring - Sehzeichentafeln – Übereinstimmung der Visusergebnisse | 28 |
| 4.2 Diskussion der Ergebnisse zur Retest – Reliabilität | 31 |
| 4.3 Komplikationen und Fehlerquellen | 31 |
| 5 Schlussfolgerung..... | 33 |
| 6 Ausblick | 34 |
| Literaturverzeichnis | 35 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Abbildungsverzeichnis..... | 36 |
| Tabellenverzeichnis | 37 |
| Anhang | 38 |

Abkürzungen

| Abkürzung | Bedeutung |
|--------------------|--|
| bestPEST | Best Parameter Estimation by Sequential Testing |
| cyl | Zylinder |
| DIN | Deutsches Institut für Normung |
| dpt | Dioptrie |
| ETDRS | Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study |
| FrACT | Freiburg Visual Acuity Test |
| FrACT _h | Freiburg Visual Acuity Test; Eingabe mit drehbarem Landoltring |
| FrACT _k | Freiburg Visual Acuity Test; Eingabe mit Keypad (Zahlentastatur) |
| ICC | Intraklassenkorrelation |
| ISO | International Organization for Standardization |
| logMAR | Logarithmus des "Minimum Angle of Resolution" |
| MAR | Minimum Angle of Resolution |

Abstract

Ziel und Zweck der Arbeit: In dieser Arbeit wurden die Visusergebnisse der häufig verwendeten ETDRS- und Landoltring-Sehzeichentafeln mit denen des Freiburg Visual Acuity Test (FrACT) verglichen. Zusätzlich wird ein Hauptaugenmerk auf den Vergleich zweier Eingabemethoden für den Freiburg Visual Acuity Test gelegt, um ein mögliches Verbesserungspotenzial dieser aufzudecken. Bei den verwendeten Eingabemethoden handelte es sich um einen dreh- und fühlbaren Landoltring (FrACT_h) und die Eingabe mit einer modifizierten Zahlentastatur (FrACT_k). Ziel dieser Studie war es, quantitative Aussagen zu folgenden Messgrößen zu ermitteln:

- (i) die Übereinstimmung des FrACT_k und FrACT_h,
- (ii) deren Reproduzierbarkeit,
- (iii) die Übereinstimmung der Visusergebnisse aller verwendeter Tests und
- (iv) deren Reproduzierbarkeit zu quantifizieren.

Material und Methoden: Als Probanden nahmen an der Studie 25 augengesunde Studenten der Hochschule Aalen (19 – 28 Jahre) teil. Der Fernvisus jedes Probanden lag, mit oder ohne Korrektur, bei 0,2 oder höher. Ausgeschlossen waren Studenten der höheren Semester (ab zweiten Semester) des Studiengangs Augenoptik und Hörakustik. Die Messungen wurden monokular vorgenommen und erfolgten in randomisierten Abfolge der einzelnen Tests. Jeder Test wurde zweimal durchgeführt. „Forced choice“ und das 60% Kriterium wurden streng eingehalten. Es wurde kein Feedback in Bezug auf die Korrektheit der gegebenen Antwort gegeben.

Ergebnisse: *Übereinstimmung der Sehschärfeergebnisse des FrACT_k und FrACT_h:* Die Differenz der Mediane der beiden Tests nach dem ersten Testdurchlauf beträgt 0,074 logMAR (0,7 Zeilen) wobei FrACT_h (-0,117 logMAR) bessere Resultate liefert. Dies ist im zweiten Durchlauf ebenfalls der Fall (FrACT_h -0,112 logMAR) wobei die Differenz der Mediane hier geringer ist und noch 0,048 logMAR (0,5 Zeilen entspricht). Da die Differenzen der Mediane geringer sind als 0,3 logMAR (3 Zeilen), besteht statistisch kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Tests.

Übereinstimmung aller verwendeter Tests (ETDRS-, Landoltringtafeln, FrACT_h und FrACT_k) in Bezug auf die Sehschärfewerte: Im Vergleich aller verwendeter Tests liefert im ersten Testdurchlauf auch hier der FrACT_h mit -0,117 logMAR die besten Resultate. Mit -0,043 logMAR sind die Ergebnisse des FrACT_k am schlechtesten und sind denen der Landoltringtafeln mit -0,048 logMAR sehr ähnlich. ETDRS ist um 0,2 Zeilen schlechter als FrACT_h mit -0,097 logMAR. Im zweiten Testdurchlauf sind die Werte für den FrACT_h und ETDRS annähernd gleich während die Ergebnisse der Landoltringtafeln um 0,5 Zeilen auf -0,097 logMAR steigen. Der FrACT_k liefert hier mit -0,064 logMAR einen Anstieg um 0,2 Zeilen. Die Differenzen der Mediane sind kleiner als 0,3 logMAR (3 Zeilen).

Reproduzierbarkeit aller verwendeter Tests: Die Reproduzierbarkeit lag beim Vergleich der beiden Testdurchläufe für FrACT_k und FrACT bei 0,012 logMAR bei ETDRS und Landoltringtafeln gab es mit 0 logMAR keinen Unterschied. Beim Vergleich der Tests untereinander (nur erster Testdurchlauf wurde verglichen) ist die Reproduzierbarkeit der FrACT_k um 0,041 logMAR besser als die des FrACT_h. Mit Werten für ICC <0,77 ist eine hohe Korrelation gegeben.

Schlussfolgerung: Die Übereinstimmungen als auch die Reproduzierbarkeiten der einzelnen Tests war im Vergleich mit den aufgeführten Vergleichsstudien hoch. Der FrACT_h erzielte sehr gute Visusergebnisse wohingegen der FrACT_k in dieser Studie die schlechtesten Werte diesbezüglich aufwies. Fortführend ist eine Weiterentwicklung der Eingabemethoden für den FrACT angeraten.

Schlüsselwörter: Visus, Übereinstimmung, FrACT, ETDRS, Landoltring, , Retest-Reliabilität

Aim and purpose: In accordance of interfacing variant optotypes to Landoltrings for reports this study investigated frequently applied tests for Visual Acuity Testing: ETDRS- charts and Landoltrings in eight orientations. Two input methods for Freiburg Visual Acuity Test were additionally focused for exposing potential improvement. The goals of the investigation were:

(i) test agreement between FrACT_h and FrACT_k, and to assess their

(ii) retest - reliability,

(iii) test agreement between all applied tests and to assess their

(iv) retest - reliability.

Subjects and methods: 25 healthy students of Aalen university in the age between 19 and 28 took part in this study. Distance Visual Acuity had to be with or without correction 0,2 or higher. Students of ophthalmic optics and hearing aids in higher terms (from second term) were excluded. Visual acuity was tested monocularly, in balanced randomized order for each test. Each test was performed twice, 60% criterion was observed strictly. There was no feedback given.

Results: *Test agreement between FrACT_h and FrACT_k:* The difference between the median of the two test after first test run was 0,074 logMAR (0,7 lines) in which FrACT_h (-0,117 logMAR) supplied better results. This also occurred in the second test run (FrACT_h -0,112 logMAR) in which the difference of the medians was lower and corresponded 0,048 logMAR (0,5 lines). Because the differences of the medians were lower than 0,3 logMAR (3 lines), there is no statistic significant difference between the two tests. However the FrACT_h provides better results.

Test agreement between all applied tests: In comparison of all applied tests FrACT_h supplies for the first test run also the best results with -0.117 logMAR. With -0,043 logMAR the results of FrACT_k are worst and similar to the results of the Landoltring – charts with -0,048. ETDRS is 0,2 lines worse than FrACT_h with -0,097 logMAR. In the second test run the results for FrACT_h and ETDRS are similar while the results of the Landoltring – charts decrease around 0,2 lines. The difference between the medians are smaller than 0,3 logMAR (3 Lines).

Retest – reliability: The reproducibility for the comparison of the two test runs between the two FrACT is 0,012 logMAR for ETDRS and Landoltring –charts there is with 0 logMAR no difference. In comparing of the tests with each other (just first test run was compared) the reproducibility of FrACT_k is 0.041 logMAR better than FrACT_h. With results for ICC between 0.97 to 0,77 there is a high correlation given.

Conclusion: The Agreements and the reproducibilities as well for each of the test were in comparison to listed comparative studies high. FrACT_h reached good visual acuities

whereas FrACT_k in this respect reached worse results. Continuing an improvement for the input methods for FrACT is advised.

Keywords: FrACT, ETDRS, Landolt, visus, retest - reliability

1 Einleitung

1.1 Stand der Forschung

Die Sehschärfe ist eine wesentliche Messgröße zur Beschreibung des Sehvermögens. Sie spielt eine entscheidende Rolle, unter anderem bei der Beurteilung eines Refrakti-onsergebnisses, bei der Tauglichkeitsbeurteilung für den Führerschein und im Gutachterwesen. Die gutachterliche Sehschärfenbestimmung ist in der internationalen Norm ISO 8596 [Wesemann et al. 2010] und der nationalen Norm DIN 58220 [Wesemann et al. 2010] festgelegt. Nach der neuen Norm ISO 8596 [Wesemann et al. 2010] dürfen die ETDRS-Tafeln für gutachterliche Zwecke nicht mehr verwendet werden. Für diese Zwecke sind nur noch Landoltringe in acht Darbietungspositionen erlaubt und werden hiermit als Normsehzeichen bezeichnet. Im dritten Teil der DIN 58220 [Wesemann et al. 2010] sind die zu erfüllenden Kriterien für gutachterliche Sehschärfeprüfung festgehalten. Als Prüfzeichen ist auch hier einzig der Landoltring in acht Darbietungsrichtungen erlaubt. Die Prüferntfernung hierbei muss mindestens 4 Meter betragen. "Bei Patienten mit einer Sehschärfe unter 0,2 darf die Prüferntfernung [...] deutlich verringert werden." [Wesemann et al. 2010] Für Gutachten müssen für jede Visusstufe 5, 8 oder 10 Sehzeichen dargeboten werden. Als Abbruchkriterium bei acht Darbietungsrichtungen der Landoltringe zählt das 60%- Kriterium. "Eine Visusstufe gilt als erkannt, wenn 3 von 5 [...] Landolt-Ringen korrekt benannt werden. Mit dem Wort benannt bringt die Norm zum Ausdruck, das raten ausdrücklich erlaubt und sogar erwünscht ist, und richtig raten statistisch berücksichtigt wird." [Wesemann et al. 2010]. Die Öffnung der Landoltringe muss bei einer Darbietung von 5 Optotypen pro Visusstufe bei drei Ringen entweder gerade also horizontal oder vertikal und bei zweien schräg sein. Die Darbietung der einzelnen Visusstufen muss mindestens für einen Visusbereich von 0,05 bis 1,25 möglich sein wobei beispielsweise die Visusstufe 0,7 für die Führerscheinprüfung zusätzlich hinzugefügt werden kann. Die Abstufung der Visusstufen ist entsprechend dem visuellen System angepasst und unterliegt einer logarithmischen Aufteilung. Die Stufen unterscheiden sich um den Faktor $\sqrt[10]{10}$ entsprechend 1,26. Auch bei der Darbietung der Optotypen unterliegt die Sehschärfebestimmung der beiden Normen, so muss die Leuchtdichte des Prüffeldes zwischen 80 cd/m^2 und 320 cd/m^2 liegen.

König [8] untersuchte ebenfalls die Übereinstimmung der Ergebnisse der Sehschärfebestimmung mit ETDRS-und Landoltring-Sehzeichentafeln und deren Reproduzierbarkeit. In der hier vorliegenden Arbeit wird die Forderung von König aufgegriffen, die Untersuchungen in Bezug auf zwei verschiedene Eingabemethoden des Freiburg Visual Acuity Test (FrACT) fortzusetzen. Bei diesen handelt es sich um die Eingabe mit einem dreh- und fühlbaren Landoltring (FrACT_h) und die etablierte Eingabemethode über eine modifizierte Nummerntastatur (FrACT_k). Anders als in Königs Arbeit werden in dieser Studie hier ausschließlich augengesunde Probanden untersucht.

1.2 Ziele der Arbeit

Die Ziele der Arbeit sind wie folgt:

- (i) die Übereinstimmung der Sehschärfeergebnisse des FrACT_k und FrACT_h und
- (ii) deren Reproduzierbarkeit zu quantifizieren. Zudem
- (iii) die Übereinstimmung aller verwendeter Tests (ETDRS-, Landoltringtafeln, FrACT_k und FrACT_h) in Bezug auf die Sehschärfewerte und
- (iv) deren Reproduzierbarkeit zu ermitteln und zu vergleichen.

2 Material und Methoden

2.1 Probandenkriterien

Zu Beginn der Untersuchungen fand ein mündliches Aufklärungsgespräch statt, in welchem die Probanden über den Ablauf und die Art der Durchführung der Studie aufgeklärt wurden. Im Anschluss an dieses Gespräch wurden die Einwilligungserklärungen zum Datenschutz (Anhang 4, S. 43) und zu den Versuchen (Anhang 5, S. 46) von den Teilnehmern unterschrieben.

Um an der Studie teilnehmen zu können, mussten die 24 Probanden studienspezifische Kriterien erfüllen. Hierzu wurden durch die Untersucherin spezielle Fragebögen (Anhang 8, S. 56) erstellt anhand deren geprüft werden konnte, ob ein Proband die erforderlichen Kriterien zur Teilnahme erfüllt.

In Bezug auf die Einschlusskriterien betrug das erforderliche Mindestalter 18 Jahre, zudem war die Teilnahme nur für immatrikulierte Studenten der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Aalen möglich. Der Fernvisus der Probanden musste mit oder ohne Korrektur 0,2 (0,7 logMAR) oder besser sein. Die Brillenwerte der Probanden durften den sphärischen Bereich zwischen -2,00 dpt und +5,50 dpt und die Zylinderwerte 2,5dpt nicht übersteigen.

Zu den ophthalmologischen Ausschlusskriterien zählen das Vorliegen einer Schwach-sichtigkeit (Amblyopie), Schielen, Augenzittern (Nystagmus), blutzuckerbedingte Netzhauterkrankungen (diabetische Retinopathien), trockene Augen (Sicca-Symptomatik), Makulaerkrankungen, Albinismus oder Grüner Star (Glaukom), wobei hier als Grenzwert ein intraokularer Druck > 22 mmHg festgelegt wurde. Zudem waren Personen mit infektiösen Erkrankungen der Augen wie beispielsweise Bindehautentzündung, Hornhautentzündung oder Aderhautentzündung von der Teilnahme ausgeschlossen. Auch die Einnahme von pupillenverengenden Medikamenten war ein Ausschlusskriterium, da ein geringer Pupillendurchmesser, ähnlich einer stenopäischen Lücke, gegebenenfalls die Ergebnisse der Sehschärfenbestimmung beeinflusst. Studierende, welche sich innerhalb der vorangegangenen 3 Monate vor Beginn der Studie einer Augenoperation unterzogen haben, ausgeprägte Augenverletzungen (beispielsweise Hornhaut- oder Netzhautnarben) oder Augenerkrankung aufwiesen welche sich auf die Abbildungsqualität und somit auf die Sehschärfenbestimmung ausgewirkt hätten wurden zur Teilnahme ebenfalls nicht zugelassen.

Nicht zur Studie zugelassen wurden Studenten des Fachbereichs Augenoptik ab dem zweiten Fachsemester und Studenten mit einer abgeschlossenen augenoptischen Ausbildung, da ihr Fachwissen Einfluss auf die Ergebnisse der Studie gehabt hätte. Zudem war eine Teilnahme bei Vorliegen einer epileptischen oder psychiatrischen Erkrankung nicht möglich. Bei Einnahme von Medikamenten, welche die Reaktionszeit oder die Ergebnisse der Sehschärfenbestimmung beeinflussen, war eine Teilnahme ebenfalls ausgeschlossen.

Das Studienprotokoll und alle erforderlichen Unterlagen und Dokumente, welche sich im Anhang befinden, wurden von der Ethikkommission der Landesärztekammer Baden – Württemberg freigegeben. Die Auflagen der "Deklaration von Helsinki" [World Medical Association 2013][16] wurden eingehalten.

In der unten aufgeführten Tabelle 1 sind die Ein. – bzw. Ausschlusskriterien nochmals dargestellt.

Tabelle 1 Ein- und Ausschlusskriterien

| | | |
|----------------------------------|--|--|
| Einschluss- kriterien | Mindestalter 18 Jahre | |
| | Student der Hochschule Aalen | |
| | Vorliegen der unterzeichneten Einwilligungserklärungen (Datenschutz und Versuchsablauf) | |
| | Brillenwerte: | spärische Fehlsichtigkeit max.: - 2,0 dpt bis +5,50 dpt zylindrische Fehlsichtigkeit max. bis 2,5 dpt |
| | Fernvisus des untersuchten Auges ≥ 0.2 | |
| Ausschluss- kriterien | Allgemein: | Augenoptische Ausbildung |
| | | Epilepsie/psychiatrische Erkrankung |
| | | Medikamente, welche die Reaktionszeit und/oder die Sehschärfebestimmung beeinflussen |
| | | Schwachsichtigkeit |
| | | Schielen |
| | Ophthalmologisch | Grüner Star |
| | | Augenzittern |
| | | blutzuckerbedingte Netzhauterkrankungen |
| | | trockene Augen |
| | | Augen-/Netzhautoperationen |
| | | infektiöse Erkrankungen |
| | | pupillenverengende Medikamente |
| | | Makulaerkrankungen |
| | | ausgeprägte Augenverletzungen |
| | | Albinismus |
| | | weitere Augenerkrankungen, welche die Abbildungsqualität beeinflussen |

2.2 Ablauf der Untersuchungen

Der Ablauf der Studie war in zwei Termine untergliedert. Der erste Termin diente der Probandenaufklärung in Bezug auf Datenschutz und den grundlegenden Ablauf der beiden Termine. Des Weiteren fanden hier bereits die Voruntersuchungen statt, welche Aufschluss darüber geben sollten, ob die Probanden an der Studie teilnehmen können.

Während des zweiten Termins fand die eigentlich Hauptuntersuchung der Sehschärfe mit den verschiedenen Testverfahren statt. Unten stehende Tabelle 2 veranschaulicht die Inhalte beider Termine. Eine eindeutige Delegationsliste befindet sich im Anhang (Anhang 2, S. 42). Auf beide Abschnitte wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen.

Tabelle 2 Inhalte der beiden Untersuchungstermine

| | | |
|------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1. Termin ca. 30 Minuten | Probandenaufklärung und Unterzeichnung der Einwilligungserklärungen | |
| | | |
| | Eigene Untersuchungen: | Augeninnendruckmessung |
| | | Räumliches Sehen |
| | | Fernvisus |
| | | Getragene Brillenkorrektur |
| | | Führungsauge |
| | Untersuchungen durch Ulrich Schiefer: | Augenfehlstellungen |
| | | Normale Augenbeweglichkeit |
| | | Pupillen |
| | | Vorderer Augenabschnitt |
| | | Direkte / Indirekte Ophthalmoskopie |
| 2. Termin ca. 45 Minuten | Sehschärfebestimmung mit verschiedenen Testverfahren | FrACT _h |
| | | FrACT _k |
| | | ETDSR - Sehzeichentafeln |
| | | Landoltring - Sehzeichentafeln |

2.3 Voruntersuchungen

Nach der Rekrutierung der Probanden fand der erste Termin statt. Dieser dauerte insgesamt 30 Minuten. Hier wurden die Probanden über die Datenschutzbestimmungen und den grundlegenden Aufbau der Studie aufgeklärt. Zudem erhielten die Teilnehmer Informationen (Anhang 6, S. 48) über die verschiedenen Testverfahren und die beiden Eingabemöglichkeiten des FrACT (Freiburg Visual Acuity Test). Nach Unterzeichnung der Einwilligungserklärungen fanden die ersten Voruntersuchungen statt.

Die Voruntersuchungen gliederten sich in zwei Teile. Der erste Teil wurde von der Untersucherin selbst durchgeführt. Hier wurden die Probanden zuerst bezüglich ihrer allgemeinen Gesundheit und im Speziellen auf die Gesundheit ihrer Augen befragt. Diese Untersuchungen lehnten sich an den im Anhang (Anhang 5, S. 46) angefügten Anamnesebogen an, der für jeden Probanden verwendet wurde. Im Anschluss ermittelte die Untersucherin den Fernvisus mit und ohne Korrektur anhand von Zahlenreihen mit dem VISUCAT (argus individuell optic GmbH, Putzbrunn/Germany) in 5,70m Prüferentfernung. Wie durch die DIN EN ISO 8596 vorgeschrieben, wurden Zahlenreihen mit 5 Optotypen dargeboten. Das Abbruchkriterium von 60% wurde streng eingehalten. "Eine Visusstufe gilt als erkannt, wenn 3 von 5 [...] Landolt-Ringen korrekt benannt werden. Mit dem Wort benannt bringt die Norm zum Ausdruck, dass raten ausdrücklich erlaubt und sogar erwünscht ist, und richtig raten statistisch berücksichtigt wird." [Wesemann et al. 2010] Dies wird auch als „forced choice“ Prinzip bezeichnet. Die Leuchtdichte des VISUCAT-Bildschirms betrug 336 cd/m^2 , die Umfeldleuchtdichte 52 cd/m^2 . Es wurde unter normgerechten Bedingung gemessen. Die für gutachterliche Zwecke vorgeschriebenen Landolt-Ringe wurden in den Voruntersuchungen noch nicht verwendet, um einen Lerneffekt für die spätere Hauptuntersuchung zu vermeiden. Aus diesem Grund wurden hier Zahlen als Optotypen verwendet. Im Anschluss wurde die Brillenkorrektur der Probanden anhand von Brillenpässen oder durch Ausmessen der Brille mit Hilfe des Scheitelbrechwertmessgerätes festgehalten. Das Führungsauge wurde dann unter Anwendung des Rosenbach'schen Visierversuches ermittelt. Hierzu wurde der Proband gebeten einen Arm vor sich auszustrecken und mit seinem Daumen einen schmalen Gegenstand in einer Entfernung von 4 Metern abzudecken. Hierbei sollte er beide Augen geöffnet haben. Im Anschluss wurde der Proband gebeten zuerst das rechte und dann das linke Auge zu schließen und zu beschreiben was mit dem Gegenstand passiert, welcher durch seinen Daumen abgedeckt wurde. Das Führungsauge war jenes Auge, bei welchem der Daumen weiterhin den Gegenstand abgedeckt hat. Der Augeninnendruck wurde mit einem Non-Contact-Tonometer (Tomey, FT - 1000, Nagoya/Japan) gemessen. Der obere Grenzwert wurde hier, wie bereits erwähnt, auf $< 22 \text{ mmHg}$ festgelegt. Danach wurde mit dem Stereo – Lang – Test die Qualität des räumlichen Sehens ermittelt. Hierzu wurde dem Probanden die Lang-Stereo-I-Tafel in 40cm Entfernung präsentiert. Der Studierende wurde gebeten, die darauf befindlichen Bilder zu nennen. Zuletzt wurde dann entschieden, ob die Hauptuntersuchungen mit oder ohne Korrektur durchgeführt werden und welches Auge hierfür verwendet werden soll. Dies geschah nach eigenem Ermessen der Untersucherin da zum Ziel gesetzt wurde im Bereich der Sehschärfe von 0,2 bis 2,0 zu messen. Die Probanden wurde so eingeteilt, dass die Verteilung der Visusergebnisse für die Untersuchungen von 0,2 bis 2,0 so gleichmäßig wie möglich verteilt waren. Hätte man alle Probanden mit Korrektur gemessen, wäre nur der Vergleich hoher Visusergebnisse möglich gewesen, was sich auf die alltägliche Visusbestimmung nicht übertragen lässt. Die Sehschärfen der Probanden sollten also im Bereich von 0,2 (0,7 logMAR) und 2,0 (-0,3 logMAR) möglichst homogen sein.

Der zweite Teil der Voruntersuchungen wurde von Ulrich Schiefer geleitet. Hierbei wurden die ophthalmologischen Untersuchungen durchgeführt, welche auf dem

Dokument Augenbefunde im Anhang (Anhang 7, S. 53) aufgelistet sind. Es handelt sich um Untersuchungen bezüglich der Augenstellung und Okulomotorik vorliegt. Des Weiteren wurden die Pupillen näher betrachtet ob Anisokorie (Unterschiedlich große Pupillen), ein Dilatations- oder Kontraktionsdefizit oder ein relativer afferenter Pupillendefekt besteht. Im Anschluss fand die Untersuchung des vorderen Augenabschnittes statt, in welcher festgestellt wurde, ob die brechenden Medien klar sind oder ob gegebenenfalls Auffälligkeiten bestehen welche sich auf die spätere Sehschärfenbestimmung auswirken könnten. Weiter wurde untersucht ob die Augen intraokular reizfrei sind. Bei der Untersuchung des Augenhintergrundes (Fundus) mit direkter und indirekter Ophthalmoskopie wurde ein besonderes Augenmerk auf die Papille gelegt. Hier wurde ermittelt, in welchem Maße diese randscharf und vital gefärbt ist. Des Weiteren wurde die zentrale Exkavation (Aushöhlung des Sehnervenkopfes) und die Einhaltung der ISNT – Regel kontrolliert. "ISNT - Regel bedeutet, dass der Nervenfasersaum unten = inferior (I) am breitesten, und oben = superior (S), nasal (N) und temporal (T) jeweils etwas dünner ist. Ist dagegen der Nervenfasersaum unten oder/und oben am dünnsten, dann besteht der dringende Verdacht einer Glaukomschädigung." [Grehn 2006] Im Bereich der Makula wurde auf Auffälligkeiten geachtet und ermittelt, ob eine zentrale Fixation vorliegt. Zusätzlich wurden die Gefäße (einschließlich des Venenpuls) und die periphere Netzhaut untersucht.

In der unten stehenden Tabelle 3 sind die einzelnen Schritte der Voruntersuchungen nochmals als grobe Übersicht dargestellt.

Tabelle 3 Aufteilung der Voruntersuchungen

| | |
|--|-------------------------------------|
| Probanden- aufklärung und Unterzeichnung der Einwilligungs- erklärungen | |
| Eigene Vor- untersuch- un-gen | Augeninnendruckmessung |
| | Räumliches Sehen |
| | Fernvisus |
| | Getragene Brillenkorrektur |
| | Führungsauge |
| Vorunter- suchungen durch Ulrich Schiefer | Augenfehlstellungen |
| | Normale Augenbeweglichkeit |
| | Pupillen |
| | Vorderer Augenabschnitt |
| | Direkte / Indirekte Ophthalmoskopie |

2.4 Hauptuntersuchungen

Während des zweiten Termins fanden die Hauptuntersuchungen statt welche allein durch die Untersucherin ausgeführt wurden. Die einzelnen Testverfahren sind in der unten stehenden Tabelle 4 zur Übersicht dargestellt und werden in den folgenden Abschnitten einzeln und genauer betrachtet.

Tabelle 4 Übersicht über die Hauptuntersuchungen

| | | |
|----------------------------|--|------------------------------|
| Hauptuntersuchungen | Sehschärfebestimmung mit verschiedenen Testverfahren | FrACT _h |
| | | FrACT _k |
| | | ETDRS-Sehzeichentafeln |
| | | Landoltring-Sehzeichentafeln |

2.4.1 Versuchsaufbau und Ablauf

Für den Versuchsaufbau wurde ein Raum gewählt, welcher sich komplett verdunkeln lässt um Schwankungen der Helligkeit durch Sonneneinstrahlung zu vermeiden. Die Beleuchtungsstärke des Raumes wurde immer auf 250 Lux eingestellt und mit einem digitalen Beleuchtungsmessgerät (Peak Tech 5025, Peak Tech Prüf- und Messtechnik GmbH, Ahrensburg / Germany) kontrolliert. Die unten aufgeführte Abbildung 1 zeigt in der Übersicht den grundlegenden Versuchsaufbau.

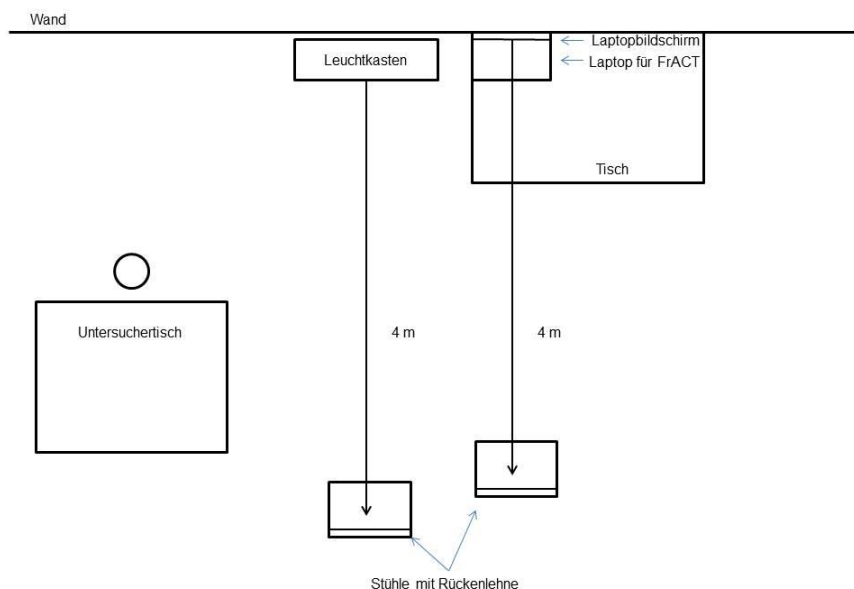


Abbildung 1 Grundlegender Versuchsaufbau der Hauptuntersuchungen im Untersuchungsraum

An einer freien Wand wurde der Leuchtkasten (Steinbeis Transferzentrum Biomedizinische Optik, Tübingen / Germany) positioniert, in welchem die verschiedenen Sehzeichentafeln der Untersuchung dargeboten wurden. Die verwendeten Tafeln werden in den folgenden Abschnitten näher behandelt. Neben dem Leuchtkasten wurde ein Tisch aufgestellt auf welchem wiederum ein Laptop (Travel Mate, Acer 8372, Teipeh / China) positioniert wurde. Auf diesem Laptop wurde die Software des FrACT (Internetversion 3.8.1) installiert. Der Beobachtungsabstand betrug 4 Meter, welcher von der Oberfläche der Darbietungseinheit (Leuchtkasten bzw. Laptop) bis zum Beobachteraue festgelegt wurde. Um die Probanden besser positionieren und eventuelle Positions- oder Haltungsänderungen korrigieren zu können, wurden Stühle mit Rückenlehnen verwendet. Auf Kopfstützen wurde verzichtet, um den Probanden eine habituelle Kopf- und Körperhaltung zu ermöglichen. Seitlich zum Proband und den Darbietungseinheiten befand sich der Untersuchertisch. An diesem wurden die Kontrollbögen (Anhang 10, 11, 12, S. 58 - 62) zu den einzelnen Messverfahren ausgefüllt. Zu jedem Messdurchlauf wurde die Zeit mit einer Stoppuhr (iPhone 4S, Apple, Cupertino / Californien) gemessen. Von der Position des Untersuchertisches konnte zudem die Kopf- und Körperhaltung des Probanden kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden.

Die Abfolge der einzelnen Sehschärfeproofungen verlief anhand einer speziell festgelegten Permutationskette (Anhang 9, S. 57). Diese wurde erstellt, um den auftretenden Lernerfolg für die einzelnen Messungen zu minimieren. Die Abfolge wurde so gewählt, dass im Übergang zum zweiten Testdurchlauf nicht mit dem zuletzt durchgeführten Verfahren begonnen wurde. Wenn beispielsweise der letzte Test des ersten Durchganges mit den ETDRS-Sehzeichentafeln durchgeführt wurde, startete der zweite Durchgang nicht mit diesen. Die Permutationskette war wie folgt gegliedert: A = ETDRS-Sehzeichentafeln, B = FrACT_k, C = Landoltring-Sehzeichentafel, D = FrACT_h. Jedem Probanden wurde eine eigene Permutationsreihenfolge zugeteilt. Je nach Reihenfolge der Sehteste mussten die Teilnehmer die Stühle wechseln.

Zu Beginn der Messungen wurde dem Proband mitgeteilt, ob die Messungen mit oder ohne dessen eigene Korrektur stattfinden und welches Auge verwendet wurde. Zur Messung wurde nur ein Auge verwendet, das andere blieb für die Gesamtdauer der Messungen abgedeckt. Im ersten Testdurchlauf wurde zu Beginn eines jeden, für den Probanden, neuen Sehtests eine kurze Anleitung gegeben, welche in den nächsten Abschnitten näher erläutert werden.

2.5 Sehschärfestimmung mit verschiedenen Testverfahren

Im Folgenden werden die vier verschiedenen Testverfahren welche in dieser Arbeit zur Sehschärfestimmung verwendet wurden näher erläutert.

2.5.1 Freiburg Visual Acuity Test (FrACT)

Das Hauptaugenmerk der Arbeit lag auf der Untersuchung der Visusergebnisse des Freiburger Visual Acuity Test (FrACT). Dieser ist kostenlos für die beiden Betriebssysteme Macintosh und Windows verfügbar. Die hier verwendete Software 3.8.1 wurde unter dem folgenden Link „<http://www.michaelbach.de/fract/download.html>“ [Bach] heruntergeladen.

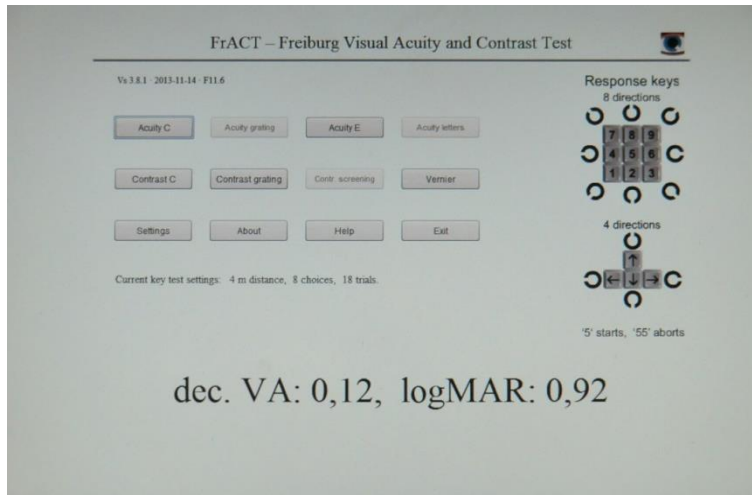


Abbildung 2 Startbildschirm des Freiburger Visual Acuity Test

Der FrACT ist konzipiert, um die Sehschärfestimmung automatisch ohne Zutun eines Untersuchers durchführen zu können. Zu Beginn ist lediglich eine kurze Einführung in die Handhabung der Eingabegeräte und den prinzipiellen Ablauf der Messung zu geben. Die in dieser Studie verwendeten Eingabegeräte sind in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

"Vor Beginn der Messungen verlangt die Software des FrACT eine Kalibrierung. Hierzu werden in dem dafür vorgesehenen Fenster der Beobachtungsabstand des Probanden zum Darbietungsbildschirm und eine zu messende Referenzlänge eingegeben. Letztere wird als blauer Balken auf den Bildschirm angezeigt. Dieses Fenster ist in Abbildung 3 dargestellt. Der Beobachtungsabstand ist auch hier definiert als die Strecke vom Probandenauge zum Darbietungsbildschirm. Aus dem Beobachtungsabstand und der Referenzlänge auf dem Bildschirm errechnet das Programm die jeweilige Größe und Pixelauflösung der anzuzeigenden Landolttringe je nach Visusstufe. Zudem wird hier eingegeben, bis zu welchem Werte die Sehschärfe gemessen werden soll. Empfohlen wird ein Visuswert von 2,0 (-0,3 logMAR) oder höher." [Bach]

FrACT – Settings

of choices (for acuity & contrast): **8**

of trials, given 2, 4 or 8 choices: **42** **24** **18**

'easy trials': **every 6th** VA Landolt-C test on '5'

display timeout: **30** s response timeout: **30** s

position x & y: **0** **0** [cpd] -grating- dia [°]: **5** **10** ☐ cbs

% optotype contrast: **100** fore- & background:

arcmin contrast-C diam: **50** **dark on light**

☒ full screen ☒ show trial info ☒ 2x '5' aborts

crowding inducers: **none**

final results: **final results** to clipboard

visual feedback: **none**

auditory feedback: **with info**

☒ auditory feedback when done

mask on response: **none**

threshold definition: **DIN/ISO corrected**

max displayed acuity: **2.0**

☐ allow uncertified Sloan letters

☐ allow grating acuity

☐ allow uncertified contrast screening

☐ allow experimental Face acuity

acuity formatting

☒ decimal ☐ Snellen fraction [ft]

☒ logMAR ☐ Snellen fraction [m]

☒ Snellen denominator always 20 ft

decimal-point character: **dot**

169 mm length of the blue ruler

399 cm observer distance

[1 pixel = 0.21 arcmin]

max. VAdecimal = 4.81

700 px

Calibration check
Luminance lin.
Transmit Results
Trk
Help
Defaults
Ok

Abbildung 3 Fenster des FrACT, in welchem die Einstellungen und die Kalibrierung vorgenommen wird

Die Funktionsweise des FrACT beruht auf einer sequenziellen Prüfstrategie mit einer speziellen Eingabelungsmethode der resultierenden Sehschärfe. Diese wird als Best PEST Algorithmus bezeichnet [Bach 1995]. "Bei dem Best PEST (best parameter estimation for sequential testing) Verfahren wird der Verlauf einer psychometrischen Funktion angenommen. Hierbei wird die Größe der darzubietenden Optotypen anhand der momentan angenommenen Schwelle ermittelt. Dies erhöht den Informationsgewinn und führt durch die Eingabelungsmethode zu einem schnelleren Ergebnis. Die Eingabelung ist gekennzeichnet durch die abwechselnde Präsentation kleinerer und größerer Optotypen in Bezug auf die angenommene Schwelle. Die Position der Schwelle wird mit der Maximum-Likelihood-Methode ermittelt. Diese Methode ermittelt die Position der psychometrischen Funktion welche mit der höchsten Wahrscheinlichkeit alle vorangegangenen Testergebnisse reproduziert." [Bach 2007] Wird der Landoltring, wie in dieser Studie, in acht Darbietungsrichtungen gezeigt, ermittelt sich die Sehschärfe aus dem Punkt der psychometrischen Funktion an welcher 56,25% der dargebotenen Optotypen richtig benannt wurden. Im unteren Beispiel ergibt das einen Visus von 1,6 (-0,2 logMAR). Hier wurden für den Landoltring acht Darbietungsrichtungen gewählt.

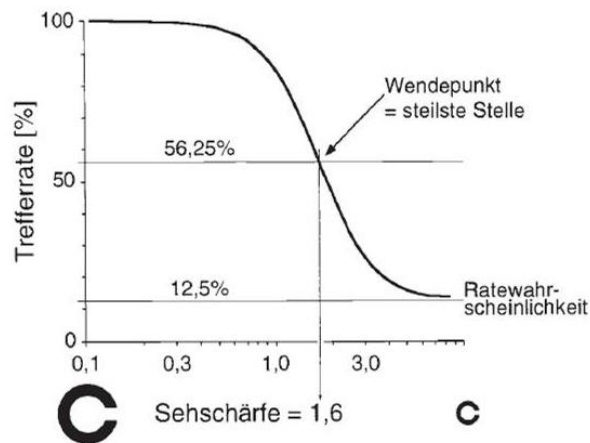


Abbildung 4 Psychometrische Funktion: diese bestimmt, mit welcher Häufigkeit ein bestimmter Optotyp richtig benannt wird. Sehr große Optotypen werden immer erkannt, mit abnehmender Optotypengröße nimmt auch diese Trefferrate ab. Die Trefferrate ist zudem abhängig von der Anzahl der Darbietungsrichtungen der Landoltringe. Bei 8 möglichen Darbietungsrichtungen liegt die Ratewahrscheinlichkeit bei 12,5% . Der Wendepunkt der Funktion gibt die Stelle an, an welcher 56,25% der dargebotenen Optotypen richtig benannt werden. Hier sind die 12,5% Ratewahrscheinlichkeit der 8 verschiedenen Darbietungsrichtungen berücksichtigt. [Bach et al 1998]

Durch den vollautomatischen Ablauf ist der Proband gezwungen seine Angaben entsprechend dem bereits erläuterten „forced choice“ Verfahren zu machen.

2.5.2 Freiburg Visual Acuity Test; Eingabe mit Keypad (FrACT_k)

Bei dieser Eingabemethode handelt es sich um einen modifizierten Nummernblock, wie er ursprünglich auf jeder Computertastatur verwendet wird. Jedoch wurden die Zahlen des Tastenblocks durch die jeweiligen Abbildungen der Landoltringe ersetzt, welche die jeweiligen Tasten repräsentieren. Dem Probanden werden auf dem Bildschirm die nach dem best PEST Verfahren ermittelten Landoltringe dargeboten. Er betätigt dann auf dem Nummernblock die entsprechende Taste, welche den für ihn den dargebotenen Landoltring repräsentiert. Dies ist in Abbildung 5, nochmals veranschaulicht.

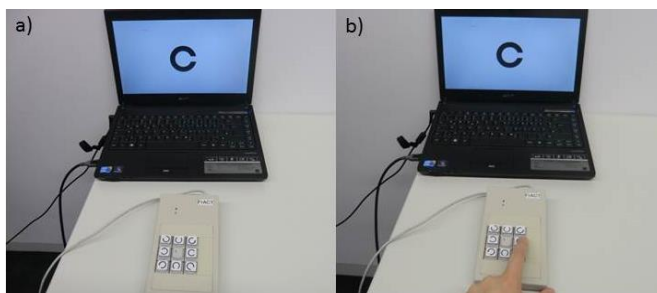


Abbildung 5 Eingabemethoden des FrACT a) modifiziertes Keypad b) dreh- und fühlbarer Landoltring

Zudem kann der Proband durch zweimaliges Drücken der Taste „5“ den FrACT selbst starten beziehungsweise durch einmaliges drücken derselben Taste den Test pausieren

2.5.3 Freiburg Visual Acuity Test; Eingabe mit drehbarem Landoltring (FrACT_h)

Bei der zweiten Eingabemethode welche in dieser Arbeit verwendet wurde, handelt es sich um einen dreh- und fühlbaren Landoltring. Der erhabene Landoltring befindet sich mittig auf einer Konsole wobei die Öffnung des erhabenen Landoltringes unterbrochen und somit fühlbar ist. Hierdurch kann der Proband den Ring in die gewünschte Position drehen, ohne nach unten auf die Konsole sehen zu müssen. Wie in der nachfolgenden Abbildung 6 dargestellt, lässt sich der fühlbare Landoltring in acht mögliche Darbietungsrichtungen (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°) drehen und rastet dort jeweils ein. Die Eingabe wird durch einen der beiden blauen Taster, jeweils rechts und links neben dem fühlbaren Landoltring, bestätigt. Die Anordnung dieser beiden blauen Taster erfolgte, um für Rechts- und Linkshänder gleiche Bedingungen zu ermöglichen. Bei dieser Eingabemethode startet der Untersucher den Testlauf.

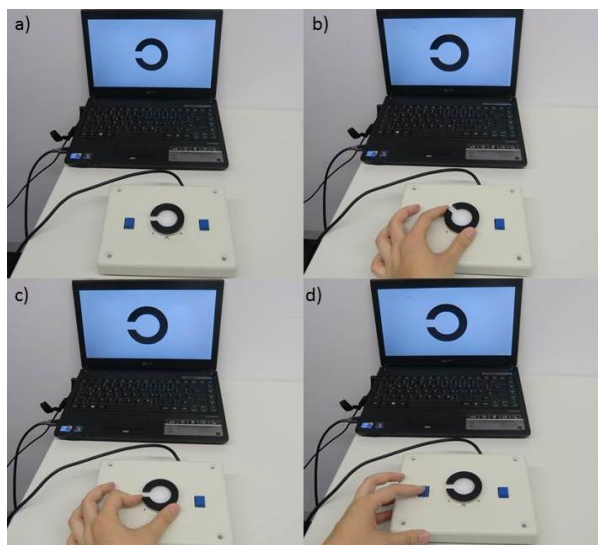


Abbildung 6 a) Dreh- und fühlbarer Landoltring mit Darbietungseinheit b)-c) Vorgang der Eingabe bei dieser Methode

2.5.4 Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS)-Sehzeichentafeln

Im klinischen Gebrauch werden die hier verwendeten ETDRS (Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study) Sehzeichentafeln sehr häufig verwendet. Es handelt sich hierbei um 62cmx65cm große weiße Platten aus durchscheinendem Plastik auf welche

schwarze Buchstaben aufgedruckt sind. Diese sind in der nachfolgenden Abbildung 7 dargestellt. Der Abstand zwischen zwei dargestellten Buchstaben entspricht der Breite eines Buchstabens der entsprechenden Zeile, der Abstand zwischen den Zeilen entspricht der Höhe der Buchstaben der nächsten darunterliegenden Zeile. Die Buchstabenhöhe variiert von 58,15 mm für einen Visus von 0,1 (1,0 logMAR) bis 2,92mm für einen Visus von 2,0 (-0,3 logMAR), entsprechend einer Prüferntfernung von 4 Metern. Die Progression der Buchstabengröße ist geometrisch. Die Höhe der Buchstaben jeder Zeile entspricht dem 1,2589-fachen der Höhe der Buchstaben der darunterliegenden Zeile. Dieser Multiplikator entspricht der zehnten Wurzel von zehn. Für die ETDRS-Sehzeichentafeln wurden lediglich SLOAN-Buchstaben (S,O,C,D,K,V,R,H,N,Z) verwendet, da diese eine ähnliche Erkennungsschwierigkeit aufweisen. Da die verwendeten Buchstaben unterschiedlich schwer zu erkennen sind, wurde bei der Reihenfolge der Buchstaben je Zeile darauf geachtet, dass sich die resultierende Schwierigkeit je Zeile um maximal 1% unterscheidet. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass bei der Anordnung der einzelnen Buchstaben keine Wörter beziehungsweise Akronyme (Abkürzungen) entstehen. [Ferris et al. 1982]



Abbildung 7 Die drei verwendeten ETDRS-Sehzeichentafeln

Diese Tafeln werden dann in den dafür vorgesehenen Leuchtkasten (Visus GmbH, Stuttgart / Germany) geschoben um eine gleichmäßige Ausleuchtung der Tafel zu garantieren. Im Rahmen dieser Untersuchungen lag diese bei 237 cd/m^2 und einer Umgebungsleuchtdichte von 85 cd/m^2 . Anders als im klinischen Gebrauch wurde die Sehschärfenbestimmung anhand dieser Tafeln in dieser Studie allerdings modifiziert. Der Proband wurde gebeten, die ihm dargebotenen Sehzeichen, beginnend in der obersten Reihe, von rechts nach links vorzulesen. Dies erfolgte Zeile für Zeile von oben nach unten. Hier wurde auch die „forced choice“ Methode angewendet. Diese besagt, dass eine Visusstufe als erkannt gilt, wenn 60% der Sehzeichen, also 3 der 5 Buchstaben einer Zeile noch richtig benannt werden. Der Proband wurde ausdrücklich gebeten zu raten.

2.5.5 Landoltring-Sehzeichentafeln

Die bislang im Handel erhältlichen Landoltring–Sehzeichentafeln präsentieren den Landoltring lediglich in vier Darbietungsrichtungen. Da die Sehschärfenbestimmung in

dieser Studie mit Landoltringen in acht Darbietungsrichtungen durchgeführt werden sollte, wurde eigens dafür eine Tafel entwickelt und hergestellt. Sie besteht aus dem gleichen durchscheinenden Plastik wie die oben aufgeführten ETDRS-Sehzeichentafeln, um eine gleichmäßige Ausleuchtung zu gewährleisten. Die Leuchtdichte der Tafel im dafür vorgesehenen Leuchtkasten beträgt 236 cd/m^2 , bei einer Umgebungsleuchtdichte von 84 cd/m^2 .

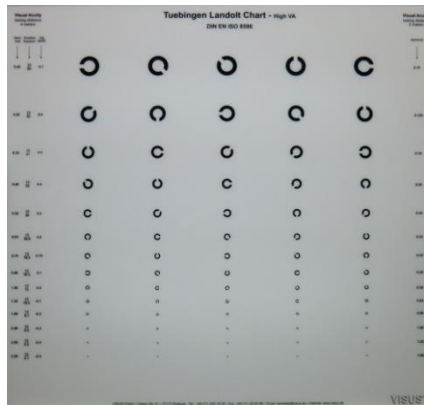


Abbildung 8 Die speziell für diese Studie angefertigte Landoltringtafel

Wie in der obigen Abbildung 8 zu erkennen, unterscheidet sich die hier verwendete Landoltring–Sehzeichentafel von der ETDRS–Sehzeichentafel. Die Landoltringe sind von Zeile zu Zeile jeweils direkt untereinander angeordnet. Die Größe der Buchstaben variieren von 29 mm entsprechend einem Visus von 0,2 (0,7 logMAR) bis zu 1,81 mm welche einem Visus von 3,2 (-0,5 logMAR) entsprechen. Die Prüferentfernung ist auf 4 Meter festgelegt.

2.6 Statistische Auswertung

In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die gewählten statistischen Verfahren zur Auswertung der Messergebnisse gegeben. Hierbei handelt es sich um Box-Whisker-Plots, Bland–Altman Plots, den Korrelationskoeffizienten nach Pearson und die Intraklassenkorrelation (ICC).

Zum Vergleich der Visusergebnisse zwischen dem ersten und zweiten Testdurchlauf wurden Boxplot-Diagramme gewählt, da hier alle relevanten Kennwerte übersichtlich dargestellt werden. In Abbildung 9 ist ein Beispiel eines solchen Diagrammes abgebildet. Der Strich innerhalb der Box stellt den Median dar, bei welchem 50% der Daten kleiner und die andere Hälfte der Daten größer als der Medianwert sind. Ein Vorteil des Median ist, dass er gegenüber Ausreißern unempfindlicher ist. Die Enden der Box stellen die Quantile dar, das untere Ende das 25% Quartil, das obere Ende das 75% Quartil. Diese besagen, dass 25% beziehungsweise 75% der Daten kleiner oder gleich dem dafür entsprechenden Kennwert sind. Der Wertebereich zwischen den beiden Quantilen wird als Interquartilsabstand bezeichnet und gibt den Bereich an, in welchem sich 50% der Daten befinden. Die Antennen (Whisker) können je nach Diagramm variieren. In dieser Arbeit stellen sie die 2,5- und 97,5-Quantile dar. Befinden

sich Ausreißer unter den Daten, werden diese als Punkte außerhalb der Whisker dargestellt.

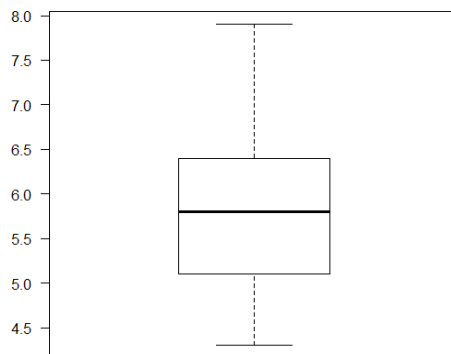


Abbildung 9 Beispiel eines Boxplotdiagramms

Zur Veranschaulichung der Retest-Reliabilität, wurden Bland–Altman Diagramme gewählt, wie in Abbildung 10 dargestellt. Auf der Ordinate werden die Differenzen der beiden Testdurchläufe (T_1 und T_2) aufgetragen. Hierbei wird immer für jede Messung der zweite Testdurchlauf vom ersten subtrahiert ($T_1 - T_2$). Auf der Abszisse wird dann der Mittelwert der beiden Testdurchläufe aufgetragen ($\frac{T_1 + T_2}{2}$).

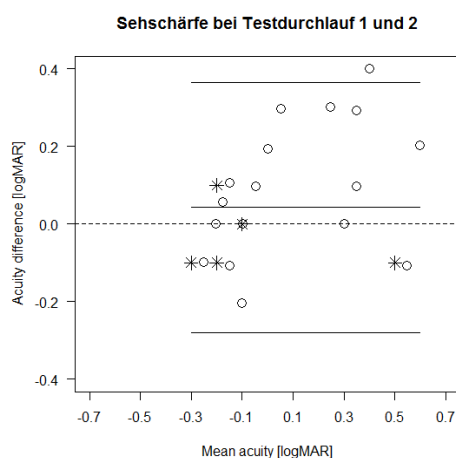


Abbildung 10 Beispiel eines Bland-Altman-Diagramms

Um die Interpretation zu erleichtern, wurden drei zusätzliche Linien hinzugefügt. Die Mittlere gibt den Mittelwert der Differenzen an. Die beiden äußeren geben jeweils den Mittelwert der Differenz $\pm 1,96 \times$ die Standardabweichung der Differenz an. Dies bezeichnet man auch als Konfidenzintervall für den Mittelwert, das heißt, dass 95% der Fälle innerhalb dieses Bereiches liegen. Diese Art von Diagrammen erlaubt eine Beurteilung über die Schwankungsbreite der Abweichungen und systematische Messfehler. Diese geben an, ob eine Methode prinzipiell höher oder tiefer misst als die andere. Da hier die Werte in logMAR aufgetragen wurden, ist der beste Testdurchlauf besser, wenn die Linie des Mittelwertes der Differenzen nach oben in den positiven

logMAR Bereich verschoben ist. Werte die sich überlagern werden hier als Sunflower-Marker angegeben.

Für den Vergleich der Retest Reliabilität wurden zusätzlich Streudiagramme erstellt und der Korrelationskoeffizienten nach Pearson ermittelt. Da der Korrelationskoeffizient nach Pearson lediglich die Korrelation (Übereinstimmung) der Messergebnisse angibt, aber nicht die Richtung in welche diese gegebenenfalls verschoben sein könnten, wurde zusätzlich die Intraklassenkorrelation nach der unten aufgeführten Formel berechnet.

$$ICC = r_{pearson} \times \frac{2}{\frac{s_A}{s_B} + \frac{s_B}{s_A} + \frac{(MW_A - MW_B)^2}{s_A \times s_B}}$$

| | | |
|-----|---------------|--------------------------------------|
| mit | $r_{pearson}$ | Korrelationskoeffizient nach Pearson |
| | MW | Mittelwerte |
| | s | Standardabweichungen |

Die Intraklassenkorrelation kann hierbei Werte von -1,0 bis 1,0 annehmen, und gibt die Abweichung der Werte von der Winkelhalbierenden an. Je größer der Wert der Intraklassenkorrelation desto weniger weichen die Werte von der Winkelhalbierenden ab.

3 Ergebnisse

3.1 Vergleich der Ergebnisse der beiden Eingabemethoden FrACT_h und FrACT_k – Übereinstimmung der Visusergebnisse

Die mit den verschiedenen Eingabemethoden ermittelten Visusergebnisse des FrACT unterscheiden sich nicht sehr stark voneinander. Die Abbildung 11 zeigt die beiden Boxplot-Diagramme für FrACT_k und FrACT_h . In Abbildung 11a) sind die Ergebnisse des jeweils ersten Testdurchlaufes, in Abbildung 11b) die Ergebnisse des jeweils zweiten Testdurchlaufes abgebildet.

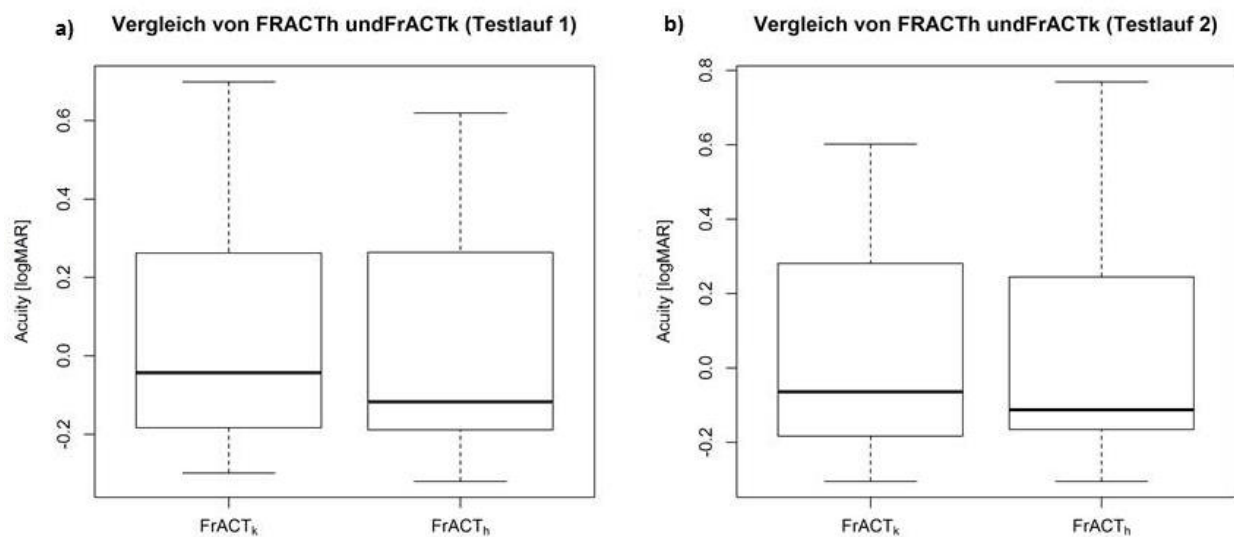


Abbildung 11 Boxplotdiagramme für die Übereinstimmung der Sehschärfeergebnisse von FrACT_h und FrACT_k a) für den ersten Testdurchlauf b) für den zweiten Testdurchlauf

In Tabelle 5 sind die einzelnen Mediane und jeweiligen Quantile aufgelistet um den Vergleich zu vereinfachen.

Tabelle 5 Ergebnisse der statistischen Kennwerte für FrACT_k und FrACT_h

| Testdurchlauf | 1 | | 2 | |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Tests | FrACT_k | FrACT_h | FrACT_k | FrACT_h |
| Median | -0,043 | -0,117 | -0,064 | -0,112 |
| 25% Quantil | -0,181 | -0,181 | -0,183 | -0,162 |
| 75% Quantil | 0,225 | 0,254 | 0,266 | 0,237 |
| 2,5% Quantil | -0,295 | -0,300 | -0,303 | -0,290 |
| 97,5%Quantil | 0,664 | 0,600 | 0,583 | 0,673 |

Der FrACT_h liefert sowohl im ersten als auch im zweiten Testdurchlauf bessere Sehschärfeergebnisse als der FrACT_k . Im Ersten Durchlauf liegt die Differenz der beiden Mediane bei 0,074 logMAR was 0,7 Zeilen entspricht. Beim zweiten Testdurch-

lauf liegt die Differenz etwas geringer bei 0,048 logMAR was 0,5 Zeilen entspricht. Im ersten Testdurchlauf liegen die jeweiligen 25 und 75% Quantile der Werte sehr dicht beieinander. Dagegen wird im zweiten Testdurchlauf der Interquartilsabstand beim FrACT_h kleiner, die Quantile für 2,5 und 97,5% liegen jedoch deutlich weiter auseinander, das heißt, dass die Daten hier weiter streuen als im ersten Testdurchlauf. Diese könnte auf einen Ermüdungseffekt zurückzuführen sein. Beim FrACT_k dagegen bleiben die 25 und 75% Quantile annähernd gleich jedoch streuen die Daten welche innerhalb des 2,5 und 97,5% Intervalls liegen etwas weniger. Die Unterschiede der Ergebnisse der beiden Eingabemethoden sind jedoch sehr gering wodurch angenommen wird, dass zwischen den beide Tests in Bezug auf die Sehschärfeergebnisse kein signifikanter Unterschied vorliegt.

3.2 Vergleich der Ergebnisse von FrACT_h , FrACT_k , ETRDS- und Landoltring–Sehzeichentafeln – Übereinstimmung der Visusergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Sehschärfeergebnisse aller verwendeter Tests verglichen. In Abbildung 12 sind die Ergebnisse der Tests jeweils für den ersten und zweiten Testdurchlauf als Boxplotdiagramme dargestellt. Untenstehende Tabelle 6 enthält die in den Boxplots angezeigten wichtigen Kennzahlen zur besseren Interpretation der Ergebnisse.

Anhand der Striche welche die Mediane darstellen lässt sich sofort erkennen, dass die verschiedenen Test sehr ähnliche Sehschärfeergebnisse liefern. Dies sowohl im ersten als auch im zweiten Testdurchlauf. Die Mediane unterscheiden sich im ersten Testdurchlauf lediglich um 0,069 logMAR was 0,7 Zeilen entspricht. Im zweiten Durchlauf sind es nur 0,048 logMAR entsprechend 0,5 Zeilen Unterschied. Vergleicht man die Mediane der verschiedenen Tests fällt auf, dass der FrACT_h die besten Ergebnisse (-0,117 und -0,112 logMAR) liefert. Interessant ist die Schwankung der Ergebnisse der Landoltringtafel. Im ersten Durchgang sind diese ähnlich derer des FrACT_k (Landoltringtafel = -0,048 logMAR, FrACT_k = -0,043 logMAR). Im zweiten Durchgang allerdings fällt der FrACT_k mit -0,064 logMAR etwas schlechter aus. Dies entspricht 0,2 Visusstufen. Dagegen verbessern sich die Ergebnisse der Landoltringtafel um 0,5 Zeilen auf eine Sehschärfe von -0,097 logMAR und liegen somit auf gleichem Niveau wie die Ergebnisse der ETRDS-Sehzeichentafeln.

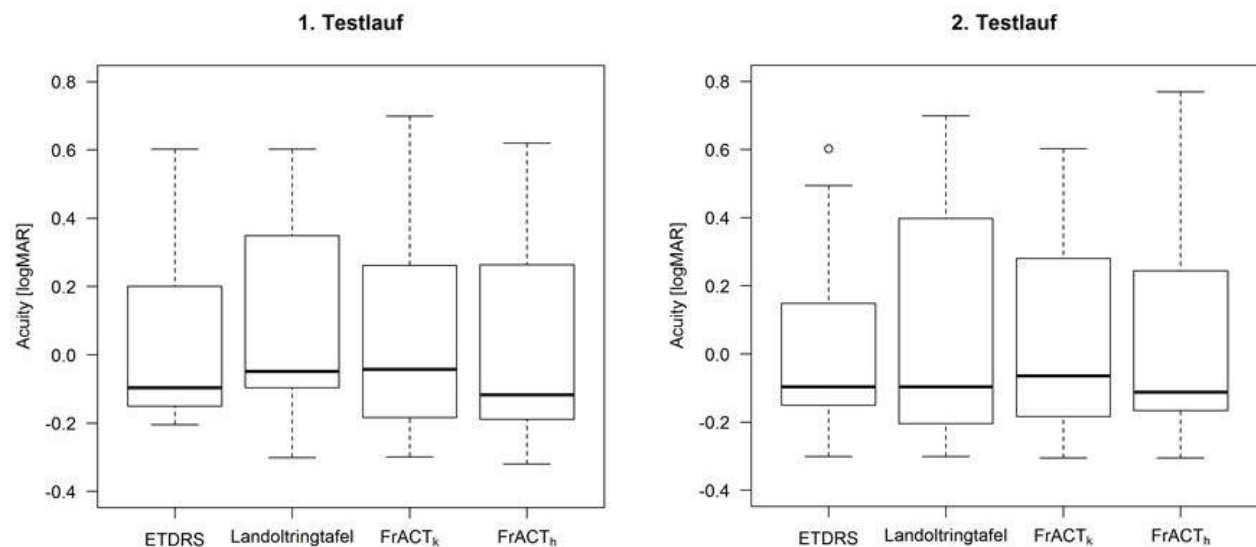


Abbildung 12 Boxplotdiagramme für die Übereinstimmung der Sehschärfeergebnisse aller verwendeter Tests für den ersten und zweiten Testdurchlauf

Tabelle 6 Ergebnisse der statistischen Kennwerte für alle verwendete Tests

| Testdurchlauf | 1 | | | | 2 | | | |
|---------------|--------|------------------|--------------------|--------------------|--------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tests | ETDRS | Landoltringtafel | FrACT _k | FrACT _h | ETDRS | Landoltringtafel | FrACT _k | FrACT _h |
| Median | -0,097 | -0,048 | -0,043 | -0,117 | -0,097 | -0,097 | -0,064 | -0,112 |
| 25% Quantil | -0,124 | -0,097 | -0,181 | -0,181 | -0,124 | -0,204 | -0,183 | -0,162 |
| 75% Quantil | 0,201 | 0,325 | 0,225 | 0,254 | 0,123 | 0,398 | 0,266 | 0,237 |
| 2,5% Quantil | -0,204 | -0,301 | -0,295 | -0,300 | -0,245 | -0,301 | -0,303 | -0,290 |
| 97,5%Quantil | 0,602 | 0,602 | 0,664 | 0,600 | 0,540 | 0,643 | 0,583 | 0,673 |

Die Interquartilsabstände sind bei fast allen Tests mit Ausnahme der Landoltringtafeln annähernd gleich. Die höhere Streuung im zweiten Durchlauf bei den Landoltringtafeln lässt sich vermutlich auf eine Ermüdung beziehungsweise Unkonzentriertheit der Probanden zurückführen. Auf diesen Aspekt wird in Punkt „4.4 Komplikationen“ näher eingegangen. Trotz allem liegen die Mediane bei allen vier Tests bei beiden Testdurchläufen sehr eng beieinander wodurch ein signifikanter Unterschied der verschiedenen Tests ausgeschlossen wird.

3.3 Retest–Reliabilität

In Bezug auf die Retest- Reliabilität liefern alle Tests sehr gute Ergebnisse. In den Abbildungen 13a1) bis 13d2) sind diese für den ersten und zweiten Testdurchlauf der vierverschiedenen Tests dargestellt. Die Streudiagramme auf der linken Seite a1) bis d1) stellen die Abweichungen der Werte zwischen dem ersten und zweiten Testdurchlauf dar. In die Diagramme sind die Werte der jeweiligen Korellationskoeffizienten nach Pearson und die Ergebnisse der Intraklassenkorrelation eingetragen. Zusätzlich ist in blau eine Regressionsgerade eingezeichnet. Sowohl die Korrelationskoeffizienten nach

Pearson als auch die Intraklassenkorrelationen ergeben hohe Werte (insbesondere FrACT_k mit $\text{ICC} = 0,9723$). Den niedrigsten Wert für die Intraklassenkorrelation liefert der Test der Landoltringtafeln, jedoch liegt auch dieser Wert bei 0,8760 und bestätigt eine hohe Korrelation der Testdurchläufe.

Auf der rechten Seite a2) bis d2) sind die dazugehörigen Bland – Altman Diagramme dargestellt. Anhand dieser ist klar zu erkennen, welcher Test im zweiten Durchlauf bessere Ergebnisse liefert. Hierzu sei zu sagen, dass die Ergebnisse des ersten und zweiten Testdurchlaufes zwar Unterschiede aufweisen, diese jedoch sehr gering sind. Dies zeigt sich an den Ergebnissen der Tests, welche im zweiten Durchlauf bessere Ergebnisse aufzeigen, dies sind der FrACT_h mit 0,032 logMAR (entsprechend 0,3 Zeilen) und die Landoltringtafeln mit einer Verbesserung um 0,005 logMAR. Bei ETDRS mit 0,025 logMAR und FrACT_k mit 0,019 logMAR liefert der zweite Durchlauf niedrigere Ergebnisse. Anhand des Abstandes der oberen und unteren Linien, welche Konfidenzintervalle darstellen, lässt sich gut das Ausmaß der Streuung der Werte erkennen, welche sich auch im Intraklassenkorrelationseffizienten widerspiegelt.

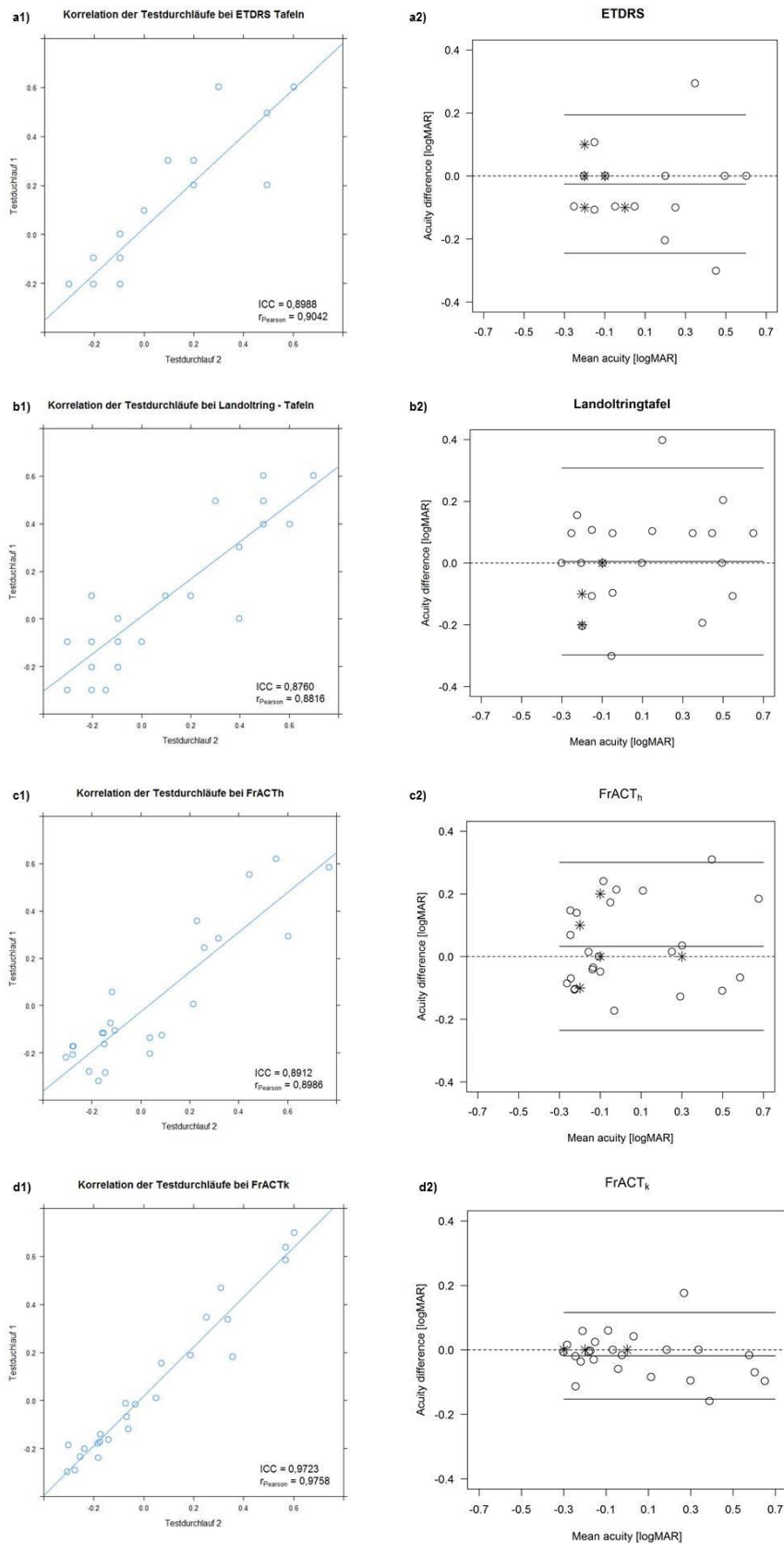
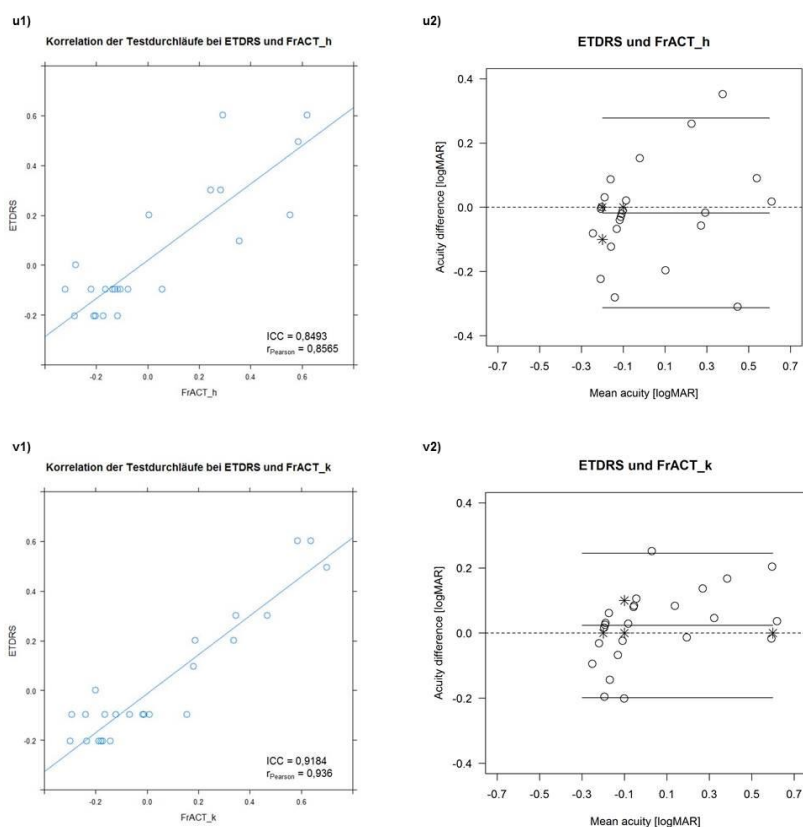


Abbildung 13 Streu- und Bland - Altman - Diagramme der vier verschiedenen Tests (Vergleich von Testdurchlauf 1 und Testdurchlauf 2)

Die Abbildung 14u1) bis 14z2) zeigt die Streudiagramme und Bland–Altman Diagramme welche die Vergleiche der verschiedenen Tests untereinander darstellen. Hierfür wurden von jedem Test nur die Messergebnisse der ersten Testdurchläufe herangezogen und aus diesen die Differenzen ermittelt.

Auf der linken Seite sind die Streudiagramme der miteinander verglichenen Tests abgebildet (Abbildungen 14u1) bis 14z1)). In diese ist jeweils in blau eine Regressionsgerade eingezeichnet. Am unteren rechten Rand lassen sich die Werte für den Korrelationskoeffizienten nach Pearson und die Intraklassenkorrelation ablesen. Auch hier gibt der Korrelationskoeffizient an wie stark die beiden Tests zusammenhängen. Die Ergebnisse hierfür sind auch hier hoch. Den größten ICC liefert der Vergleich zwischen den ETDRS-Sehzeichentafeln und dem FrACT_k mit 0,9184. Die niedrigste Intraklassenkorrelation weist der Vergleich der Landoltringtafeln mit dem FrACT_h auf und liefert einen Wert von 0,7738. Die hier resultierenden Unterschiede sind auch hier sehr gering.

Die Bland – Altman Diagramme sind auf der rechten Seite abgebildet (Abbildung 14u2) bis 14z2)). Anhand dieser lässt sich erkennen, welcher Test bessere Ergebnisse liefert. Den geringsten Unterschied mit 0,014 logMAR weist der Vergleich der Landoltringtafeln mit dem FrACT_k auf, wobei letzterer geringfügig schlechter ausfällt. Den größten Unterschied weist der Vergleich der Landoltringtafel mit dem FrACT_h auf wobei hier der letztere um 0,054 logMAR (entsprechend 0.5 Zeilen) besser ausfällt.



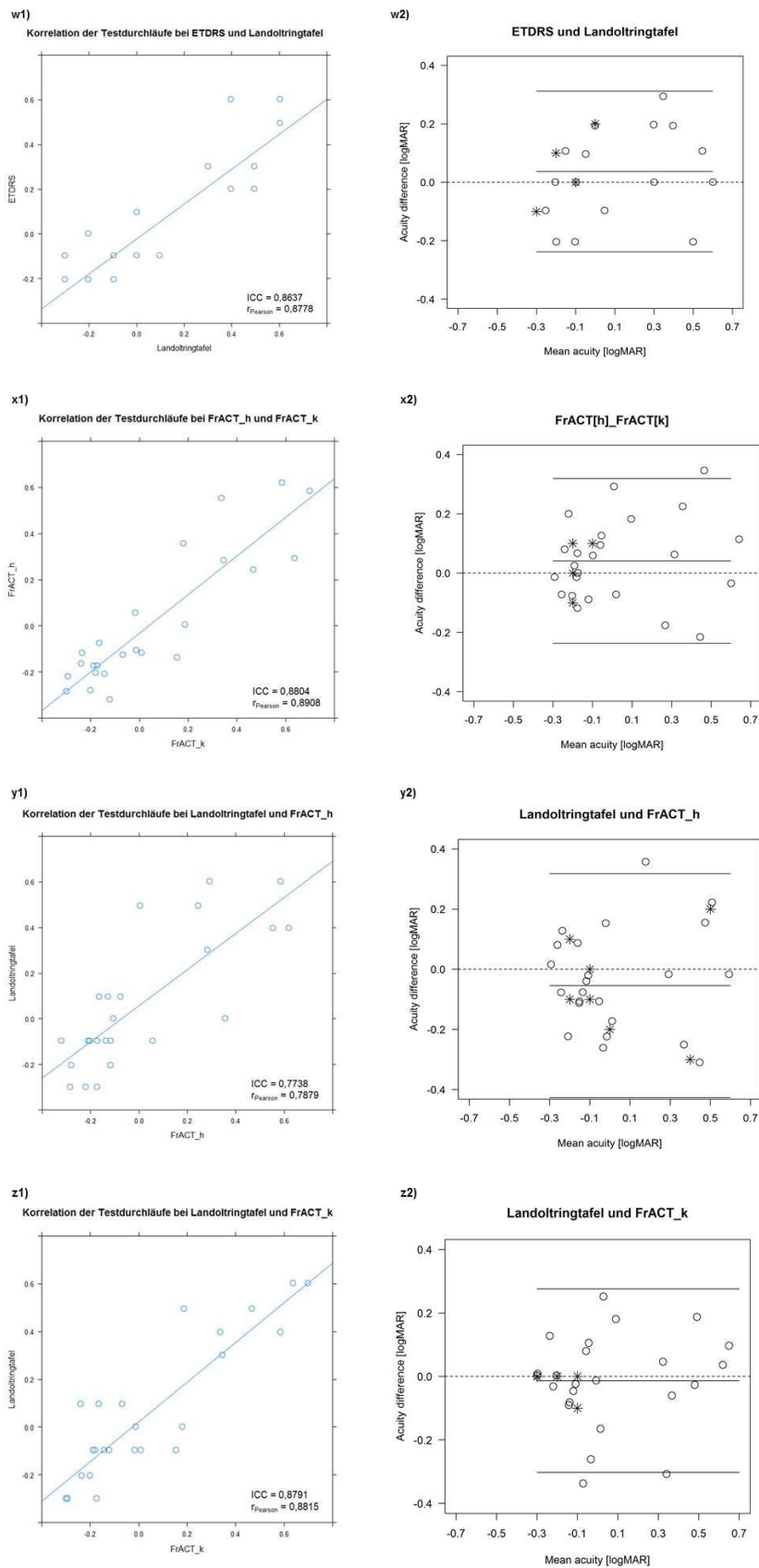


Abbildung 14 Streu- und Bland-Altman - Diagramme der vier verschiedenen Tests (Vergleich der Tests untereinander, jeweils erster Testdurchlauf)

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Ergebnisse zum Vergleich von FrACT_h, FrACT_k, ETDRS- und Landoltring-Sehzeichentafeln – Übereinstimmung der Visusergebnisse

Die hier durchgeführte Studie führt die Untersuchungen von König [8] fort. König untersuchte die Sehschärfeergebnisse und Retest-Reliabilität von ETDRS- und Landoltringtafeln: Die Landoltringe wurden ebenfalls in acht Positionen dargeboten. In der Studie von König liegen keine Werte für den Vergleich der beiden Eingabemethoden des FrACT vor. Der Aufbau dieser Studie wurde bezüglich der Durchführung an die von König angelehnt. Es wurde für die gesamte Messung nur ein Auge verwendet, während das andere abgedeckt wurde. Es gab keinen vorherigen Probedurchlauf, um einen Lerneffekt auszuschließen, die Prüffentfernung entsprach ebenfalls 4 Meter und die verschiedenen Sehtests wurden randomisiert durchgeführt. Zudem musste der Fernvisus der Probanden mindestens 0,2 (entsprechend 0,7 logMAR) oder höher sein. Bei beiden Studien wurde die „forced choice Methode“ angewandt. Unterschiede zwischen den beiden Studien bestanden im Alter der Probanden und der Gruppeneinteilung. Während in dieser Studie nur 25 augengesunde Probanden untersucht wurden, waren in der Arbeit von König die 75 Probanden in Gruppen für Augengesunde (n=12), Medientrübung (n=12), Makuladegeneration (n=12), Optikusneuropathien (n=12), Sehbahnläsionen (n=12) und Amblyopie (n=15) eingeteilt. Ein weiterer Unterschied der beiden Studien besteht in der Darbietung der Landoltringe. Während König diese projizierte, wurden die Landoltringe in dieser Studie auf einer Tafel ähnlich denen der ETDRS-Tafeln aufgedruckt und dargeboten. Zudem unterscheidet sich die Altersverteilung der beiden Studien voneinander [8]. Während König Probanden im Alter von 19 - 84 Jahre untersuchte, nahmen in dieser Studie Probanden zwischen 19 und 28 Jahren teil. In dieser Studie wurde zusätzlich zu den ETDRS- und Landoltringtafeln der FrACT mit zwei unterschiedlichen Eingabemethoden untersucht, was bei König nicht der Fall war. Laut Petersen sind Unterschiede von einer oder zwei Zeilen mit einer zu hohen Wahrscheinlichkeit zu erwarten. Bei einer Visusstufe Unterschied liegt die Wahrscheinlichkeit bei der Hälfte der Fälle, bei zwei Stufen dagegen noch bei 1/6. Erst bei einer Differenz von 3 Stufen ist diese Wahrscheinlichkeit gering genug um von einer echten Visusänderung des Probanden ausgehen zu können. [Petersen 1993] Dies liegt in beiden Studien nicht vor. In Bezug auf die Visusergebnisse der augengesunden Probanden liefert die Studie von König dieselben Ergebnisse wie die hier durchgeführte Studie; es besteht zwischen den Sehschärfeergebnissen der ETDRS- und Landoltringtafeln kein signifikanter Unterschied. Bei König erreichten die Probanden mit dem projizierten Landoltring um 0,003 logMAR (entsprechend 0,03 Zeilen) bessere Werte als bei ETDRS. In dieser Studie hier liegt der Median der Differenz bei 0,037 logMAR (entsprechend 0,4 Zeilen) mit dem Unterschied, dass hier die Ergebnisse der ETDRS-Tafeln besser ausgefallen sind. Dies liegt an der verwendeten Tafel mit den aufgedruckten Landoltringen. Hier fällt auf, dass die Probanden gerade bei höheren Visusstufen häufig Probleme hatten die Zeile zu halten beziehungsweise in die nächst höhere Stufe

überzugehen. Da während der Messung kein Feedback von Seiten des Untersuchers gegeben und die „forced choice Methode“ strikt eingehalten wurde, kam es hier bei einigen Probanden zu einem verfrühten Ende der Messungen, was sich auf die Ergebnisse der Landoltringtafeln auswirkt. Wesemann [15] verglich in seiner Studie den FrACT mit den in Amerika häufig verwendeten Bailey–Lovie–Tafeln und Landoltringtafeln. Die Bailey–Lovie–Tafeln sind bezüglich des Aufbaus mit den ETDRS–Tafeln vergleichbar. Die Landoltringe wurden in nur vier Darbietungsrichtungen dargestellt welches nicht der ISO 8596 und DIN 58220 [Wesemann et al. 2010][14] entspricht. Die besten Sehschärfeergebnisse erreichte Wesemann mit dem FrACT, danach folgen die Ergebnisse der Landoltringtafeln, diese sind 0,25 Zeilen schlechter. Wiederum 0,9 Zeilen schlechter als die Ergebnisse der Landoltringtafeln und somit 1,15 Zeilen schlechter als die Ergebnisse des FrACT sind die Ergebnisse der Bailey-Lovie–Tafeln. In der hiesigen Arbeit liefert ebenfalls einer der beiden FrACT die besten Sehschärfewerte dies ist das FrACT_h mit einer durchschnittlichen Sehschärfe von $-0,114 \log\text{MAR}$, FrACT_k liefert dagegen die schlechtesten Werte mit durchschnittlich $-0,053 \log\text{MAR}$, was jedoch nur eine Differenz von $0,061 \log\text{MAR}$ (entsprechend 0,6 Zeilen) entspricht. Dies ist klinisch nicht relevant. Interessant hierbei ist, dass die neue Eingabemethode des FrACT mit dem dreh- und fühlbaren Landoltring besser abschneidet als die bei Wesemann verwendete Methode des FrACT_k . Dies könnte an den Probanden Wesemanns liegen, welche mit der Eingabe anhand des Keypad vertrauter waren als die Probanden dieser Studie mit den beiden Eingabemethoden im Allgemeinen. Hier wäre es interessant, einen Vergleich zu erstellen, wie die Ergebnisse des FrACT_k und FrACT_h bei erprobten Probanden ausfallen würden um einen direkten Vergleich zu Wesemanns Studie herstellen zu können. Die zweitbesten Ergebnisse nach dem FrACT_h lieferten im Gegensatz zu Wesemanns Studie die ETDRS – Tafeln mit $-0.097 \log\text{MAR}$ gefolgt von den Landoltringtafeln mit einem durchschnittlichen Wert von $-0.073 \log\text{MAR}$. In der Studie Wesemanns wurden die Landoltringe nur in vier Darbietungsrichtungen gezeigt, was die Ratewahrscheinlichkeit erhöht und somit wohl zu den besseren Ergebnissen der Sehschärfewerte führt. Zusätzlich waren die Probanden Wesemanns [15] Studenten der Hochschule für Augenoptik in Köln, wodurch die Annahme besteht, dass diese im Umgang mit der Sehschärfebestimmung und insbesondere mit dem Umgang mit Landoltringen erprobt waren was diesbezüglich nochmals zu besseren Ergebnissen führt, aus diesem Grund fallen die Sehschärfewerte bei Wesemann mit einem mittleren Visus von 1,93 ($-0,286 \log\text{MAR}$) deutlich höher aus als in dieser Studie hier. Die Altersverteilung der beiden Studien sind vergleichbar (Wesemann: 23-27 Jahre, aktuelle Studie: 19-28 Jahre)[15], dementsprechend ist davon auszugehen, dass die jungen Probanden in Bezug auf die Eingabemöglichkeiten der Tests keine großen Schwierigkeiten hatten. Die deutlich besseren Sehschärfewerte bei Wesemann können auf die dort binokulare Messung zurückzuführen sein. Trotz allem stimmen die Ergebnisse mit dieser und der Studie Wesemanns überein, dass die Ergebnisse der Sehschärfen keinen signifikanten Unterschied aufweisen.

Es liegen keine weiteren Studien vor, die sich mit den beiden verschiedenen Eingabemethoden für den FrACT befassen haben. Hier liegen lediglich nur noch Arbeiten für den FrACT_k vor, welche im Folgenden behandelt werden.

In der Studie von Ruamviboonsuk [13] wurden 206 augengesunde Probanden untersucht. Hierbei fanden sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich eines automatisierten Landoltring-Test und ETDRS-Sehzeichentafeln. Der Landoltring-Test wurde allerdings speziell für diese Studie mit „Microsoft Visual Basic“ entwickelt, somit entspricht der verwendete Algorithmus nicht dem hier verwendeten Algorithmus des FrACT. Auch hier wurden die Landoltringe nur in vier Darbietungsrichtungen dargeboten was nicht der ISO 8596 und DIN 58220 [Wesemann et al. 2010] entspricht, welche acht Darbietungsrichtungen fordert. Des Weiteren unterscheidet sich die Studie von Ruamviboonsuk von dieser insofern die 206 Probanden in zwei Gruppen aufgeteilt wurden, wobei jeder Gruppe nur einen Test dargeboten wurde. Kurtenbach [9] untersuchte 10 augengesunde Probanden im Alter zwischen 26 und 67 Jahren. Getestet wurden der FrACT und ETDRS-Tafeln. Um eine breitere Spanne der Sehschärfen zu erhalten wurden allen Probanden 5 Bangerterfolien vorgehalten um deren Visus auf 0.1, 0.22, 0.52, 0.7, und 1.0 logMAR zu reduzieren [9]. Die Entfernung der ETDRS – Tafeln betrug für höhere Visusbereiche 4 Meter und für niedrigere 2 Meter. Entsprechend der ISO 8596 und DIN 58220 [Wesemann et al. 2010][14] wurden die Landoltringe in acht Darbietungsrichtungen dargeboten. Die Prüferentfernung für den FrACT betrug 3,2 Meter. Bei beiden Untersuchungen wurde nur ein Auge verwendet, während das andere abgedeckt wurde. Die Auswertung der 60 Sehschärfebestimmungen lieferte das Ergebnis, dass auch in der Studie von Kurtenbach zwischen den Mittelwerten von ETDRS und FrACT kein signifikanter Unterschied zu finden ist (ETDRS = 0,31 logMAR, FrACT = 0,37 logMAR). Kurtenbach belegt, dass die Ergebnisse des FrACT um 0,06 logMAR unterhalb der Ergebnisse der ETDRS-Tafeln liegen. Dies findet sich auch in dieser Arbeit wieder wobei die Ergebnisse der FrACT_k (-0,097logMAR) um 0,044 logMAR unterhalb den Ergebnissen der ETDRS-Tafeln (-0,053 logMAR) liegen. Bezüglich der in ISO 8596 und DIN 58220 [Wesemann et al. 2010] geforderten acht Darbietungsrichtungen von Landoltringen sind die Ergebnisse der Arbeit von Mittlvielfhaus [10] sehr interessant: In dieser Arbeit wurde der FrACT zum einen normgerecht, das heißt mit dem Landoltring in acht Darbietungsrichtungen durchgeführt und zum anderen mit nur vier Richtungen. Den 23 Probanden, von welchen einige eine senile Katarakt aufwiesen, wurden beide Tests jeweils zwei Mal dargeboten. Die Ergebnisse lieferten hier erstaunlicherweise keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Variationskoeffizienten der beiden Testverfahren. Diese betrugen für den Test mit vier Darbietungsrichtungen 22%, für normgerechten 26% und dies für die beiden Durchläufe. Zwischen den beiden Tests beträgt der Variationskoeffizient 18% [10]. Wie bereits oben erwähnt, kam hier die Eingabemethode des hier verwendeten FrACT_k mit der Zahlentastatur zum Einsatz.

Für den Vergleich von ETDRS- und Landoltringtafeln in vier Orientierungen liegt die Arbeit von Becker [5] vor. Becker untersuchte 100 Probanden. Sowohl augengesunde ($n = 13$) als auch Probanden mit Erkrankungen der Augen getestet. Die Altersspanne betrug 8 bis 90 Jahre. Bei den Patientengruppen wurden die Augen mit dem geringeren Visus getestet, bei den augengesunden Probanden immer das rechte Auge. Auch hier liefert die Auswertung der Messungen wieder das Ergebnis, das zwar geringe aber statistisch nicht signifikante Werte im Vergleich zwischen ETDRS- und Landoltringtafeln

vorliegen. [5]. Diese Ergebnisse beschreiben sowohl die augengesunden Probanden als auch die Patientengruppen. Bei den augengesunden Probanden lieferten beide Tests mit jeweils -0,17 logMAR die gleichen Ergebnisse.

4.2 Diskussion der Ergebnisse zur Retest–Reliabilität

Die Ergebnisse der Retest-Reliabilität zwischen dieser und der Arbeit von König [8] weisen einen Unterschied auf. Während bei König die zweiten Testdurchläufe gleich oder etwas besser ausfallen, schwanken die Ergebnisse in der hier durchgeführten Studie. In Königs Studie liefert der zweite Testdurchlauf für die Gruppe der Augengesunden für Landoltringe die gleichen Ergebnisse, für ETDRS werden die Ergebnisse sogar besser [8]. Den größten Unterschied zwischen den beiden Testdurchläufen findet König in der Gruppe der Optikusneuropathie mit 0.097 logMAR. In der hier vorliegenden Studie verbessern sich die Ergebnisse im zweiten Testdurchlauf bei den Landoltringen um 0,005 logMAR wohingegen sie bei ETDRS um 0,025 logMAR schlechter werden. Trotz allem sind auch hier die Unterschiede wieder sehr gering und entsprechen nicht den von Petersen [11] ermittelten drei Stufen Unterschied zum Nachweis einer Visusänderung. Dies bezieht sich auf das bei König und in dieser Studie verwendete Abbruchkriterium in welchem 3 von 5 Optotypen richtig benannt und Landoltringe in den von ISO 8596 und DIN 58220 [14] geforderten acht Darbietungsrichtungen verwendet werden müssen. Da in dieser Studie der größte Unterschied gerade einmal 0,048 logMAR entsprechend 0,4 Stufen beim Test mit den Landoltringtafeln und bei König in der Gruppe der Medientrübungen beim FrACT lediglich 1,8 Zeilen entspricht weisen beide Studien eine hohe Reproduzierbarkeit auf. Rosser [12] untersuchte 50 augengesunden Probanden die ETDRS–Sehzeichentafeln in verschiedenen Abständen (4.0, 4.5, 5.0, 6.3 und 8 Meter). Die Probanden trugen hierfür ihre volle Fernkorrektur und waren alle unter 50 Jahre alt. Die Messungen fanden ebenfalls monokular statt. Das Abbruchkriterium der Arbeit von Rassow lag jedoch bei einer komplett nicht erkannten Zeile wodurch bessere Sehschärfeergebnisse resultieren als bei einem Abbruchkriterium, bei welchem 3 von 5 richtig benannt werden müssen. Da es hierbei jedoch um die Reproduzierbarkeit der Testergebnisse geht, ist die Verwendung eines derartigen Abbruchkriteriums möglich, sofern es während der gesamten Studie eingehalten wurde. Die Studie von Rassow erzielt eine Retest–Reliabilität von $\pm 0,11$ logMAR bestärkt die Ergebnisse von Petersen [11], dass nur ein Unterschied von mehr als zwei Stufen eine Sehschärfeänderung hervorbringt.

4.3 Komplikationen und Fehlerquellen

In diesem Abschnitt werden die Komplikationen und Fehlerquellen, welche während der gesamten Untersuchungen aufgetreten sind und sich gegebenenfalls auf die Messergebnisse ausgewirkt haben, erläutert. Während der Messungen war die Kontrolle der richtigen Prüferentfernung von Darbietungseinheit bis zum Probandenaugenproblematisch da die Messungen ohne Kopfstütze stattfanden, um den Probanden eine habituelle Kopf- und Körperhaltung zu ermöglichen. Aus diesem Grund musste diese stets

kontrolliert und des Öffern auch verbessert werden, da die Probanden geneigt waren gerade bei höheren Visusstufen den Oberkörper nach vorne zu neigen. Diese Verkürzung der Prüferentfernung durch den Probanden kann sich auf die Sehschärfeergebnisse ausgewirkt haben. Bei einigen Probanden konnte zusätzlich ein Zusammenkneifen der Augen beobachtet werden. Das Zusammenkneifen erzeugt eine stenopäische Lücke und führt somit zu einer möglichen Visusverbesserung. Alle Probanden wurden aus diesem Grund gebeten die Augen normal geöffnet zu halten. Bei den beiden Eingabemethoden bestand die Möglichkeit der falschen Handhabung, da an beiden Geräten nicht deutlich gekennzeichnet ist, in welcher Ausrichtung sie gehalten werden sollen. Aus diesem Grund wurden die Probanden vor den Messungen in die Handhabung der beiden Eingabemethoden eingewiesen und bei jedem Start einer neuen Messung wurde durch den Untersucher kontrolliert, ob der Proband das Eingabegerät in der korrekten Ausrichtung verwendet. Bei der Verwendung der beiden Eingabegeräte fiel zum anderen auf, dass manche Probanden nach unten sehen, um zu kontrollieren, welche Eingabe sie gerade vornehmen. Ob sich die dadurch ausgelöste Akkommodation auf den ermittelten Fernvisus auswirkt, muss geprüft werden. Bei den Messungen mit den Landoltringtafeln ist aufgefallen, dass einige Probanden bei höheren Visusstufen Probleme hatten, in der richtigen Zeile zu bleiben beziehungsweise sich nicht mehr sicher waren, welche Optotypen der entsprechenden Zeile sie bereits benannt hatten. Auch der Zeilenwechsel zu kleineren Optotypen verursachte Probleme. Manche Probanden übersprangen eine Zeile oder begannen nochmals in der bereits gelesene Zeile. Da vom Untersucher kein Feedback gegeben wurde, führte dies in manchen Fällen zu verfälschten Sehschärfeergebnissen. Eine weitere Komplikation, welche die Landoltringtafeln betraf, waren die gegebenenfalls aufgetretenen Übertragungsfehlern. Hierunter fallen auch eventuell aufgetretene Verwechslungsfehler in Bezug auf die Öffnungsrichtung der Landoltringe. Einige Probanden hatten deutliche Probleme links und rechts zu unterscheiden. Bei den Probanden, welche die Darbietungsrichtungen als Uhrzeit benannt haben, fielen deutlich weniger Komplikationen auf.

5 Schlussfolgerung

Ziel dieser Arbeit war es, die Sehschärfebestimmung und Reproduzierbarkeit verschiedener Testverfahren zu vergleichen. In Bezug auf die Arbeit von König [8] wurde hier ein besonderes Augenmerk auf die beiden Eingabemethoden des Freiburg Visual Acuity Test (FrACT) gelegt. Im Vergleich weisen die Ergebnisse der vier verwendeten Tests (Freiburg Visual Acuity Test mit dem Keypad, Freiburg Visual Acuity Test mit dem haptischem Landoltring, ETDRS-Sehzeichentafel und Landoltring-Sehzeichentafel) in Bezug auf die Sehschärfeergebnisse und die Retest – Reliabilität kleine Differenzen auf, welche im alltäglichen Gebrauch allerdings nicht relevant sind. Laut Petersen [11] ist erst eine Abweichung um mehr als zwei Visusstufen als klinisch relevant anzusehen. Der Vergleich der beiden Eingabemethoden für den Freiburg Visual Acuity Test hat gezeigt, dass die Eingabe mit dem haptischen Landoltring zwar intuitiv, aber durch das Drehen des Landoltringes aus der bestehenden Position heraus sehr umständlich ist. Diese Ergebnisse könnten mit der Weiterentwicklung der Eingabemethoden verbessert werden und den FrACT auch für Kinder und Patienten mit niedriger Sehschärfe erleichtern.

6 Ausblick

Für den praktischen Alltag wäre es vielversprechend, den FrACT bezüglich der verschiedenen Eingabemethoden weiterzuentwickeln. Hierbei sollte ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung eines Eingabegerätes gelegt werden, welches sich vom Probanden noch intuitiver steuern lässt, um die oben genannten möglichen Fehlerquellen zu minimieren. Wie in der Arbeit von König bereits geschrieben, wäre es interessant, die Eingabemethode weiter zu entwickeln um die Akzeptanz bei älteren Menschen zu erhöhen. Mit einer intuitiveren Eingabemethode dürfte es gerade älteren Menschen oder Patienten mit einer deutlichen Sehschärfeminderung leichter fallen, den FrACT durchzuführen. Zudem können mit solch einer intuitiveren Methode auch kleine Kinder den FrACT absolvieren, da hierfür keine Buchstaben oder Zahlen bekannt sein müssen. Mögliche Aspekte wären die Eingabe mit einem Joystick, Sprach- oder Gestiksteuerung oder die Eingabe über ein Tablet. Die speziell für diese Studie entwickelten Landoltringtafeln sollten nochmals überarbeitet werden damit die Komplikationen in Bezug auf das Verrutschen in und zwischen den Zeilen verringert werden.

Literaturverzeichnis

- [1] M. Bach. Freiburg Vision Test ('FrACT'). <http://www.michaelbach.de/fract/index.html>, Retrieved October 16, 2014.
- [2] M. Bach. 1995 Der Freiburger Visustest. Automatisierte Sehschärfenbestimmung. Doc Ophthalmol 92, 2 (1995), 174–178. pubmedID 7780276
- [3] M. Bach. Manual of the Freiburg Vision Test 'FrACT', Version 3.8.2. http://www.michaelbach.de/fract/media/FrACT3_Manual.pdf, Retrieved October 18, 2014.
- [4] M. Bach and G. Kommerell. 1998. Sehschärfenbestimmung nach Europäischer Norm: wissenschaftliche Grundlagen und Möglichkeiten der automatischen Messung. Klin Monbl Augenheilkd 212, 4 (1998), 190–195. DOI:10.1055/s-2008-1034863
- [5] M. Bach. 2007. The Freiburg Visual Acuity Test-Variability unchanged by post-hoc re-analysis. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 245, 7 (2007), 965–971. DOI:10.1007/s00417-006-0474-4
- [6] R. Becker, G. Teichler, and M. Gräf. 2011. Vergleich von Landoltring- und ETDRS-Buchstaben-Sehschärfe bei Augengesunden und Patienten mit unterschiedlichen Augenerkrankungen. Klin Monbl Augenheilkd 228, 10 (2011), 864–867. DOI:10.1055/s-0031-1281758
- [7] F. L. Ferris, A. Kassoff, G. H. Bresnick, and I. Bailey. 1982. New visual acuity charts for clinical research. Am. J. Ophthalmol. 94, 1 (1982), 91–96.
- [8] F. Grehn. 2006. Augenheilkunde. Mit 20 Tabellen ; [neue Approbationsordnung]. Springer-Lehrbuch (29th. ed.). Springer, Heidelberg.
- [9] S. Koenig, F. Tonagel, U. Schiefer, M. Bach, S. P. Heinrich. 2014. Assessing visual acuity across five disease types: ETDRS charts are faster with clinical outcome comparable to Landolt Cs. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 252, 7 (2014), 1093–1099. DOI:10.1007/s00417-014-2670-y
- [10] A. Kurtenbach, H. Langrová, A. Messias, E. Zrenner, H. Jägle. 2013. A comparison of the performance of three visual evoked potential-based methods to estimate visual acuity. Doc Ophthalmol 126, 1 (2013), 45–56. DOI:10.1007/s10633-012-9359-5
- [11] K. Mittelveit, M. Bach, A. Jedynek, and G. Kommerell. 1993. Der Freiburger Visustest. Ein computergesteuertes Verfahren mit Eingabelungsstrategie. Ophthalmologie 90, 2 (1993), 132–135.
- [12] J. Petersen. 1993. Fehlerhafte Visusbestimmungen und ihre quantitativen Auswirkungen. Ophthalmologie 90, 5 (1993), 533–538.
- [13] D. A. Rosser, S. N. Cousins, Ian E. Murdoch, Fred W. Fitzke, L., DAVID A H. 2003. How sensitive to clinical change are ETDRS logMAR visual acuity measurements? Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 44, 8 (2003), 3278–3281.
- [14] P. Ruamviboonsuk, M. Tiensuwan, C. Kunawut, P. Masayaanon. 2003. Repeatability of an automated Landolt C test, compared with the early treatment of diabetic retinopathy study (ETDRS) chart testing. Am. J. Ophthalmol. 136, 4 (2003), 662–669.
- [15] W. Wesemann, U. Schiefer, and M. Bach. 2010. Neue DIN-Normen zur Sehschärfenbestimmung. Ophthalmologie 107, 9 (2010), 821–826. DOI:10.1007/s00347-010-2228-2
- [16] W. Wesemann. 2002. Sehschärfenbestimmung mit Freiburger Visustest, Bailey-Lovie-Tafel und Landoltring-Tafel. Klin Monbl Augenheilkd 219, 9 (2002), 660–667. DOI:10.1055/s-2002-35168
- [17] World Medical Association. 2013. WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|--|----|
| Abbildung 1 | Grundlegender Versuchsaufbau der Hauptuntersuchungen im Untersuchungsraum | 11 |
| Abbildung 2 | Startbildschirm des Freiburger Visual Acuity Test | 13 |
| Abbildung 3 | Fenster des FrACT, in welchem die Einstellungen und die Kalibrierung vorgenommen wird | 14 |
| Abbildung 4 | Psychometrische Funktion | 15 |
| Abbildung 5 | Eingabemethoden für den FrACT | 15 |
| Abbildung 6 | Dreh- und fühlbarer Landoltring mit Darbietungseinheit | 16 |
| Abbildung 7 | Die drei verwendeten ETDRS-Sehzeichentafeln | 17 |
| Abbildung 8 | Die speziell für diese Studie angefertigte Landoltringtafel | 18 |
| Abbildung 9 | Beispiel eines Boxplotdiagramms | 19 |
| Abbildung 10 | Beispiel eines Bland-Altman-Diagramms | 19 |
| Abbildung 11 | Boxplotdiagramme für die Übereinstimmung der Sehschärfeergebnisse von FrACT_h und FrACT_k | 21 |
| Abbildung 12 | Boxplotdiagramme für die Übereinstimmung der Sehschärfeergebnisse aller verwendeter Tests | 23 |
| Abbildung 13 | Streu- und Bland-Altman-Diagramme der vier verschiedenen Tests (Vergleich von Testdurchlauf 1 und Testdurchlauf 2) | 25 |
| Abbildung 14 | Streu- und Bland-Altman-Diagramme der vier verschiedenen Tests (Vergleich der Tests untereinander, jeweils erster Testdurchlauf) | 26 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1 Ein- und Ausschlusskriterien | 7 |
| Tabelle 2 Inhalte der beiden Untersuchungstermine | 8 |
| Tabelle 3 Aufteilung der Voruntersuchungen | 10 |
| Tabelle 4 Übersicht über die Hauptuntersuchungen | 11 |
| Tabelle 5 Statistische Kennwerte für FrACT_k und FrACT_h | 21 |
| Tabelle 6 Statistische Kennwerte für alle verwendete Tests | 23 |

Anhang

| | | |
|------------|---|----|
| Anhang 1: | Synopsis | 40 |
| Anhang 2: | Delegationsliste | 42 |
| Anhang 3: | Einwilligungserklärung zum Datenschutz | 43 |
| Anhang 4: | Einwilligungserklärung Versuche | 45 |
| Anhang 5: | Anamnesebogen | 46 |
| Anhang 6: | Probandenaufklärung | 48 |
| Anhang 7: | Dokumentationsbogen Augenbefunde | 53 |
| Anhang 8: | Probandenkriterien (Ein- und Ausschlusskriterien) | 56 |
| Anhang 9: | Permutationskette | 57 |
| Anhang 10: | Untersuchungsprotokoll | 58 |
| Anhang 11: | Kontrollprotokoll ETDRS–Tafeln | 59 |
| Anhang 12: | Kontrollprotokoll Landoltring–Tafeln | 62 |
| Daten CD | | |

Anhang 1: Synopsis

01_FEL_Synopsis_MANN_Vs.2014-04-28 (3)

| | |
|------------------------------------|--|
| 1.1 Title | Comparison of the Freiburg Visual Acuity Test (FrACT) with the EDTRS– and Landoltring Charts |
| 1.2 Subtitle | Assessment of the inter–test agreement and the test–retest reliability |
| 2. Acronym | FEL_Reliab_Ja |
| 3. Methods, Technical Requirements | <p>3.1. FrACT (internet version 3.8.1)</p> <p>3.1.1 haptic Landolt Ring device (FrACT_h)</p> <p>3.1.2 modified keypad with Landolt Ring symbols (FrACT_k)</p> <p>3.2. ETDRS Visual Acuity Tester (Steinbeis Transferzentrum Biomedizinische Optik, Tübingen/Germany)</p> <p>3.3. Landoltring chart (Visus GmbH, Stuttgart/Germany)</p> <p>3.4. VISUCAT monitor with single optotype display(numbers; Argus Individuell Optic GmbH, Putzbrunn/Germany)</p> <p>3.5. Room illuminance level 250 lx, assessed with digital luxmeter (Peak Tech 5025, Peak Tech Prüf - und Messtechnik GmbH, Ahrensburg/Germany)</p> <p>3.6. Laptopdisplay (TravelMate, Acer, 8372 Taipeh/China):</p> <ul style="list-style-type: none"> o luminance level 151 cd/m², surround luminance level 75 cd/m², assessed with luminance meter (IS–110 Laptop Minolta, Tokyo/Japan) <p>3.7. ETDRS Visual Acuity Tester:</p> <ul style="list-style-type: none"> o luminance level: 237 cd/m², surround luminance level 85 cd/m² <p>3.8. Landoltring Chart:</p> <ul style="list-style-type: none"> o luminance level: 236 cd/m², surround luminance level 84 cd/m² <p>3.9. VISUCAT:</p> <ul style="list-style-type: none"> o luminance level: 380 cd/m², surround luminance level 70 cd/m² <p>3.10. Stopwatch (Apple iPhone 4S, Cupertino CA/USA)</p> <p>3.11. Laser Rangefinder (GLM 80 Professional, Bosch GmbH, Stuttgart/Germany)</p> |
| 4. Principal Investigator | Prof. Dr. med. Ulrich Schiefer |
| 5. Examiners | Jacqueline Mann, Isabel Schöllhorn |
| 6. Study Period | April - May 2014: measurement period May - July 2014: evaluation and completion of the Bachelor thesis |
| 7. Primary Objective | <p>7.1 Visual acuity</p> <p>7.2 inter-test agreement between FrACT_h and FrACT_k</p> <p>7.3 test-retest reliability of FrACT_h and FrACT_k, visualized by Bland-Altman plots</p> |
| 8. Secondary Objective | <p>8.1 Visual acuity</p> <p>8.2 inter-test agreement between all visual acuity tests (FrACT_h, FrACT_k, ETDRS, LANDOLT Ring chart)</p> <p>8.3 test-retest reliability of all above-mentioned visual acuity tests,</p> <p>8.4 visualized by Bland-Altman plots</p> |
| 9. Primary Hypothesis | visual acuity results, obtained with FrACT _h , are identical with visual acuity results, obtained with FrACT _k test-retest reliabilities of FrACT _h and FrACT _k are identical |
| 10. Secondary Hypothesis | visual acuity results, obtained with all visual acuity tests are identical test-retest reliabilities are identical between all visual acuity tests |
| 11. Study Design | explorative study |
| 12. Study Population | pilot study with 24 examinees |

01_FEL_Synopsis_MANN_Vs.2014-04-28 (3)

| | |
|------------------------|--|
| 13. Inclusion Criteria | <p>13.1. age \geq 18 years</p> <p>13.2. Minimum distant visual acuity (without/with correction) 0.2 (Visucan, single letter optotypes [numbers], initial session). As long as minimum distant visual acuity limits are exceeded, test runs <i>without</i> optical corrections are preferred in order to enhance the spectrum/variety of tested visual acuity values</p> <p>13.3. Ametropia:</p> <p>13.3.1. maximum myopia sph -2.00 dpt</p> <p>13.3.2. maximum hyperopia sph +5.50 dpt</p> <p>13.3.3. maximum astigmatism cyl 2.5 dpt</p> <p>13.4. informed consent</p> |
| 14. Recruitment | Aalen University students (except students of ophthalmic optics, terms 2-7) |
| 15. Study Course | <p>15.1. Determination of the leading eye (Rosenbach sighting test)</p> <p>15.2. Randomization of examinations with regard to the leading/non-leading eye</p> <p>15.3. For assessment of the visual acuity as an inclusion/exclusion criterion, the first session of the VISUCAT test (argus individuell optic GmbH Putzbrunn/Germany) with single optotype number charts will be used</p> <p>15.4. Examinees will pass each visual acuity test twice (excluding VISUCAT);</p> <p>15.5. (Balanced) Randomization of the sequence of the visual acuity tests (with the exception of the two initial VISUCAT sessions, which are necessary concerning the inclusion criteria) is maintained by a pre-specified randomization list. All examinees will be briefed with respect to each visual acuity test</p> <p>15.6. A forced-choice procedure without feedback regarding correct/false response will be applied for each acuity test</p> |
| 16. Data Analysis | <p>16.1. Bland-Altman plots (with regard to the evaluation of inter-test agreement and test-retest reliability, respectively) will be applied</p> <p>16.2. Statistical Software: R, Version 3.1.0 (2014-04-10) Prozess und Statistik, Dormagen</p> |
| 17. Quality Management | <p>17.1. Continuous e-mail contact between principal investigator and the examiners</p> <p>17.2. Regular meetings in biweekly sequence (principal investigator and the examiners)</p> |
| 18. Time Planned | April 2014 – August 2014 |

Anhang 2: Delegationsliste

03_FEL_Delegationsliste_Vs.2014-06-15 (2)

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____-____-____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐**Delegationsliste****1. Termin:****Untersuchungen Isabel Schöllhorn und Jacqueline Mann (15 Minuten):**

1. Augeninnendruckmessung
2. Räumliches Sehen (Stereo - Lang – Test)
3. Fernvisus ohne und mit Korrektur
4. Getragene Brillenkorrektur
5. Führungsauge (Rosenbach'scher Visierversuch)

Untersuchungen Prof. Dr. med Ulrich Schiefer (15 Minuten):

1. Augenfehlstellungen
2. Normale Augenbeweglichkeit
3. Pupillen
4. Vorderer Augenabschnitt
5. Direkte / Indirekte Ophthalmoskopie

2. Termin:**Untersuchungen Isabel Schöllhorn und Jacqueline Mann (45 Minuten):**

1. Sehschärfestimmung mit verschiedenen Testverfahren nach Reihenfolge der Permutationskette
2. Messung der Dauer der Testverfahren
3. Bewertung der Testverfahren durch den Probanden und Untersucher unter Verwendung von Visuellen Analogskalen

Anhang 3: Einwilligungserklärung zum Datenschutz

04_FEL_Einwilligungserklärung_Datenschutz_Vs.2014-06-15(3)

Studien-ID: FEL_IsJa

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____/____/____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐**Vergleich des Freiburger Visual Acuity Test (FrACT)
mit ETDRS- und Landoltring-Sehzeichentafeln**

- a) Analyse der Übereinstimmung der Visusergebnisse und deren Retest-Reliabilität
- b) Analyse der Untersuchungsdauer und der patienten- sowie untersucherseitigen subjektiven Einschätzung

Einwilligungserklärung zum Datenschutz

Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband,
bei wissenschaftlichen Studien werden persönliche Daten und medizinische Befunde über Sie erhoben. Die Weitergabe, Speicherung und Auswertung dieser studienbezogenen Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen. Die Teilnahme an der o.g. Studie setzt folgende Einwilligung voraus:

Hiermit willige ich ein,
dass zum Zwecke der Studie „Vergleich des Freiburger Visual Acuity Test (FrACT) mit ETDRS- und Landoltring-Sehzeichentafeln“

- a) Analyse der Übereinstimmung der Visusergebnisse und deren Retest-Reliabilität
- b) Analyse der Untersuchungsdauer und der patienten- sowie untersucherseitigen subjektiven Einschätzung

folgende personenbezogene Daten von mir erhoben und nur pseudonymisiert (also mit einem Verschlüsselungscode versehen) gespeichert werden:

- | | |
|---------------------|--|
| 1. Geschlecht | 6. Augenbezogene Befunde (s. Dok. Augenbefund) |
| 2. Geburtsdatum | 7. Augen-/Allgemeinvorgeschichte (s. Dok. Anamnesebogen) |
| 3. Sehschärfe | |
| 4. Führungsauge | |
| 5. Brillenkorrektur | |

Diese Daten dürfen nur pseudonymisiert auf elektronischen Datenträgern aufgezeichnet und verarbeitet werden. Ich bin auch damit einverstanden, dass die Studienergebnisse in anonymer Form, die keinen Rückschluss auf meine Person zulassen, veröffentlicht werden.

Mir ist bekannt, dass ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne nachteilige Folgen für mich zurückziehen und einer Weiterverarbeitung meiner Daten mit



04_FEL_Einwilligungserklärung_Datenschutz_Vs.2014-06-15(3)

Studien-ID: FEL_IsJa

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____-____-____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐

Wirkung für die Zukunft jederzeit widersprechen und ihre Löschung bzw. Vernichtung verlangen kann.

- ☐ Ich willige des Weiteren ein, dass meine Kontaktdaten elektronisch gespeichert werden zum Zwecke der Kontaktaufnahme für weitere Studien, für die ich als Proband in Frage käme. Dieser Speicherung und der Kontaktaufnahme kann ich jederzeit widersprechen.

- Name, Vorname: _____
- Straße & Haus-Nr.: _____
- Telefon: _____
- E-Mail: _____

Ich bevorzuge die Kontaktaufnahme via ☐ Post ☐ Telefon ☐ E-Mail

Ort, Datum_____
Unterschrift des/der Teilnehmers/in

Anhang 4: Einwilligungserklärung Versuche

05_FEL_Einwilligungserklärung_Versuche_Vs.2014-06-15 (2)

05_FEL_Einwilligungserklärung_Versuche_Vs.2014-06-15 (2) Studien-ID:

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____/____/____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐**Vergleich des Freiburger Visual Acuity Test (FrACT)
mit ETDRS- und Landoltring-Sehzeichentafeln**

- 1) Analyse der Übereinstimmung der Visusergebnisse und deren Retest-Reliabilität
- 2) Analyse der Untersuchungsdauer und der patienten- sowie untersucherseitigen subjektiven Einschätzung

Einwilligungserklärung zur Durchführung der Versuche

Hiermit willige ich ein,
dass an mir zum Zwecke der Studie „Vergleich des Freiburger Visual Acuity Test (FrACT) mit ETDRS- und Landoltring-Sehzeichentafeln“

- a) Analyse der Übereinstimmung der Visusergebnisse und deren Retest-Reliabilität
- b) Analyse der Untersuchungsdauer und der patienten- sowie untersucherseitigen subjektiven Einschätzung

folgende Messungen/Untersuchungen durchgeführt werden dürfen:

1. Bestimmung der Sehschärfe (mit und ohne Brille)
2. Bestimmung des Führungsauges (Rosenbach'scher Visierversuch)
3. Vermessung der getragenen Brille
4. Test des räumlichen Sehvermögens
5. Spaltlampenuntersuchung (vorderer Augenabschnitt)
6. Spiegeln des Augenhintergrundes (Netzhaut)
7. Messung des Augeninnendrucks (mit berührungslosem Druckmessgerät)
8. Vergleich der Pupillengröße R/L
9. Messung zum Pupillenspiel R/L
10. Messung zur Augenstellung
11. Messung zur Augenbeweglichkeit

Ort, Datum_____
Unterschrift des/der Teilnehmers/in

Anhang 5: Anamnesebogen



06_FEL_crf1_Anamnesebogen_Vs.2014-06-15 (3)

Studien ID: FEL_IsJa

Patienten ID: _____

FEL_crf1_Anamnesebogen

| Augenanamnese | Ja | Nein | Falls ja, ab welchem Lebensjahr bzw. wann wurde Erstdiagnose gestellt? | Welches Auge ist betroffen? R/L | Ergänzungen |
|---|--------------------------|--------------------------|--|---|-------------|
| 1. Brillenträger? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj. | | _____ |
| 2. Kontaktlinsenträger? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | | _____ |
| 3. Sehen Sie auf beiden Augen mit Korrektur gleich gut? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | _____ |
| 4. Schielen bekannt? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | R <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> | _____ |
| 5. Sind Sie Schwachsichtig? (Amblyopie)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | R <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> | _____ |
| 6. Augenbewegungsstörungen bzw. Doppelbilder? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | _____ |
| 7. Grauer Star (Katarakt)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | R <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> | _____ |
| 8. Grüner Star (Glaukom)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | R <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> | _____ |
| 9. Netzhauterkrankungen? (z.B. Netzhautablösung,...) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | R <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> | _____ |
| 10. Makulaerkrankungen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | R <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> | _____ |



| Allgemeinanamnese | Ja | Nein | Falls ja, ab welchem Lebensjahr bzw. wann wurde Erstdiagnose gestellt? | Ergänzungen |
|--|--------------------------|--------------------------|--|-------------------------|
| 4. Stoffwechselerkrankung? (z.B. Blutzucker, Schilddrüse, Fettstoffwechsel,...) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | _____ _____ _____ |
| 5. Seelische Erkrankungen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | _____ _____ |
| 6. Schwangerschaft? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | _____ _____ |
| 7. Medikamenteneinnahme? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | _____ _____ |
| 8. Medikamente, die die Reaktionszeit beeinflussen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | _____ _____ |
| 9. Andere Erkrankungen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> . Lj | _____ _____ |
| 10. Haben Sie Allergien? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | _____ _____ |

Sonstige Anmerkungen:

Anhang 6: Probandenaufklärung



Vs.2014-06-04 (4) Studien-ID: FEL_IsJA

07_FEL_Probandenaufklärung_Vs.2014-06-04(4)
07_FEL_Probandenaufklärung_

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: - -

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐

Vergleich des Freiburger Visual Acuity Test (FrACT) mit ETDRS- und Landoltring-Sehzeichentafeln

- 1) Analyse der Übereinstimmung der Visusergebnisse und deren Retest-Reliabilität
- 2) Analyse der Untersuchungsdauer und der patienten- sowie untersucherseitigen subjektiven Einschätzung

Probandenaufklärung

Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband,
die Studie „Vergleich des Freiburger Visual Acuity Test (FrACT) mit ETDRS- und Landoltring-Sehzeichentafeln“

- a) Analyse der Übereinstimmung der Visusergebnisse und deren Retest-Reliabilität
- b) Analyse der Untersuchungsdauer und der patienten- sowie untersucherseitigen subjektiven Einschätzung

führen wir durch, um zu messen, inwiefern sich Tests zur Sehschärfestimmung unterscheiden.

Überblick

Die Tests zur Bestimmung der Sehschärfe erfolgen mit zwei Sehzeichentafeln und einem handelsüblichen Computer-Monitor und zwar entweder mit einer Eingabetastatur oder einem dreh- und fühlbaren Ring. Es werden insgesamt 4 Tests dargeboten. Die Reihenfolge ist variabel.

Fragestellung

Teil A der Studie untersucht die Ergebnisse der Sehschärfestimmung der verschiedenen Tests. Hier geht es darum, wie gut die Ergebnisse der Sehschärfe jedes einzelnen Tests übereinstimmen. Des Weiteren wird hier untersucht, wie gut man die unterschiedlichen Messmethoden wiederholen kann und wie anfällig sie für Störungen und Fehler sind. In Teil B geht es darum zu ermitteln, wie Sie als Proband mit den einzelnen Tests zurechtgekommen sind und wie Sie sich dabei selbst einschätzen. Neben Ihrer Einschätzung wird auch von einem der Untersucher eine subjektive Bewertung erstellt. Zudem werden hier für jeden Test die Durchlaufzeiten festgehalten, um ermitteln zu können ob ein Lerneffekt aufgetreten ist.



Vs.2014-06-04 (4) Studien-ID: FEL_IsJA

07_FEL_Probandenaufklärung_Vs.2014-06-04(4)

07_FEL_Probandenaufklärung_

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____/____/____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐

Hintergrund

Zur Bestimmung der Sehschärfe können verschiedene Tests verwendet werden. Hierfür können Sehzeichentafeln mit Buchstaben, Zahlen oder Landoltringen oder auch Computerprogramme wie dem Freiburger Visual Acuity Test verwendet werden. Es wird untersucht in wie weit beziehungsweise ob und in welchem Umfang sich die Ergebnisse der einzelnen Tests unterscheiden. Dies ist wichtig um einschätzen zu können welche Tests bei Untersuchungen die zuverlässigsten Ergebnisse liefern und welche eher für einen Überblick verwendet werden können. Zudem wird untersucht welche Rolle die Handhabung und Durchführung der verschiedenen Tests im Bezug auf die Ergebnisse spielen. Interessant ist hierbei ob die Ergebnisse besser sind wenn die einzelnen Sehzeichen vorgelesen werden oder von Ihnen manuell eingegeben werden. Dies wird durch Zeitmessung und eine Umfrage an Sie und den Untersucher ermittelt.

Ablauf der Studie im Detail

Allgemein

Bitte versuchen Sie bei allen vier Tests ruhig auf dem Stuhl zu sitzen. Vermeiden Sie starke Kopfbewegungen nach vorne bzw. hinten. Diese können die Messergebnisse beeinflussen. Antworten Sie bitte zügig und ohne Ihre Augen zusammenzukeifen.

ETDRS-Sehzeichentafel

Auf der sogenannten ETDRS-Sehzeichentafel (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) (Abb.1) sind Buchstabenreihen aufgedruckt, deren Größe von oben nach unten abnimmt.

Ihre Aufgabe ist es, dem Untersucher alle Buchstaben, Zeile für Zeile von links oben nach rechts unten, vorzulesen. Wenn Sie Buchstaben nicht mehr erkennen können, müssen Sie sich für einen Buchstaben entscheiden. Warten Sie bitte auf Anweisung des Untersuchers, bis er den Test beendet.



Abbildung 1: ETDRS-Sehzeichentafel

Landoltring-Sehzeichentafel

Auf der Landoltring-Sehzeichentafel (Abb. 2) sehen Sie Ringe mit Öffnungen an verschiedenen Positionen, deren Größe von oben nach unten abnimmt.

Ihre Aufgabe ist es, dem Untersucher alle Positionen der Ringöffnungen, Zeile für Zeile von links oben nach rechts unten, zu nennen. Wenn Sie die Position einer Ringöffnung nicht mehr erkennen können, müssen Sie sich für eine Position entscheiden. Warten Sie bitte auf Anweisung des Untersuchers, bis er den Test beendet.

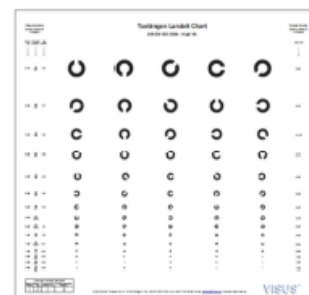


Abbildung 2, Landoltring-Sehzeichentafel



07_FEL_Probandenaufklärung_Vs.2014-06-04(4)
07_FEL_Probandenaufklärung_

Patienten-ID: _____
Untersuchungsdatum: ____-____-____
Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐

FrACT

Bei dem Sehtest am Computer handelt es sich um den Freiburger Visual Acuity Test (FrACT). Hierbei erscheint auf dem Monitor jeweils ein Landoltring. Ihre Aufgabe besteht darin, die Position der Ringöffnungen mit zwei verschiedenen Eingabegeräten anzugeben. Das eine Gerät ähnelt dem Nummernblock einer handelsüblichen Computertastatur, bei dem Landoltringe aufgedruckt sind. Das andere Gerät ist ein dreh- und fühlbarer Landoltring, bei dem die Position durch einen Tastendruck bestätigt wird. Es werden 24 aufeinander folgende Landoltringe angezeigt, deren Öffnungsposition und Größe variiert.

FrACT mit Tastenfeld

Bei dem FrACT mit Tastenfeld ist für jede Öffnungsposition eine Taste vorgesehen (Abb.3). Ihre Aufgabe ist es, die jeweilige Position der Ringöffnung mit der entsprechenden Taste zu bestätigen. Wenn Sie die Position einer Ringöffnung nicht mehr erkennen können, müssen Sie sich für eine Position entscheiden.



Abbildung 3, FrACT mit Tastenfeld

FrACT mit haptischem Landoltring

Der haptische Landoltring auf dem Eingabegerät (Abb.4) lässt sich entsprechend der Öffnungspositionen der Ringe auf dem Monitor drehen. Ihre Aufgabe ist es, den Landoltring auf dem Eingabegerät entsprechend der Öffnungsposition des Rings auf dem Monitor zu drehen und die Position mit einer der beiden blauen Tasten zu bestätigen. Es ist dabei gleichgültig, welche der blauen Tasten gedrückt wird. Wenn Sie die Position einer Ringöffnung nicht mehr erkennen können, müssen Sie sich für eine Position entscheiden.



Abbildung 4, FrACT mit haptischem Landoltring



Vs.2014-06-04 (4) Studien-ID: FEL_IsJA

07_FEL_Probandenaufklärung_Vs.2014-06-04(4)

07_FEL_Probandenaufklärung_

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____-____-____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐

Voruntersuchungen

Vor den Tests werden folgende Voruntersuchungen von Prof. Dr. med. Ulrich Schiefer durchgeführt:

- Augenbeweglichkeitsuntersuchung
- Untersuchung der Augenstellung
- Untersuchung zum Pupillenspiel
- Vergleich der Pupillengröße
- Spiegeln des Augenhintergrundes
- Spaltlampenuntersuchung (vorderer Augenabschnitt)

Die Studentinnen führen folgende Messungen durch:

- Bestimmung der Sehschärfe
- Bestimmung des Führungsauges (Rosenbach'scher Visierversuch)
- Test des räumlichen Sehens
- Vermessung der getragenen Brille
- Messung des Augeninnendrucks (mit berührungslosem Druckmessgerät)

Nebenwirkungen

Es sind keine Nebenwirkungen durch die Tests bekannt.

Risiken

Durch die Spaltlampenuntersuchung kann es zu einer kurzzeitigen Blendung kommen ansonsten sind für die Untersuchungsabläufe keine Risiken bekannt.

Zeitaufwand

Der Zeitaufwand verteilt sich auf zwei Termine. Der erste ist definiert durch die Voruntersuchungen bei Prof. Dr. med. Ulrich Schiefer und die Anamnese durch die Studentinnen. Die Messungen bei Prof. Dr. med. Ulrich Schiefer dauern ca. 15 Minuten, die Anamnese, Sehschärfebestimmungen und Augeninnendruckmessungen durch die Studentinnen ist ebenfalls mit 15 Minuten veranschlagt.

Während des zweiten Termins werden die eigentlichen Tests zur Sehschärfebestimmung durchgeführt. Dies dauert ca. 45 Minuten.



Vs.2014-06-04 (4) Studien-ID: FEL_IsJA

07_FEL_Probandenaufklärung_Vs.2014-06-04(4)
07_FEL_Probandenaufklärung_

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____-____-____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐

Das Aufklärungsgespräch hat geführt:

Prof. Dr. med. Ulrich SCHIEFER
ulrich.schiefer@htw-aalen.deLeiter Kompetenzzentrum "Vision Research"
Hochschule Aalen
Studiengang Augenoptik / Augenoptik – Hörakustik
Anton-Huber-Straße 23 (Gebäude G4)
D-73430 AalenTel.: + 49 - 7361 576-4606
Fax: + 49 - 7361 576-4685www.vision-research.de
www.htw-aalen.deOberarzt
Abteilung für Augenheilkunde
Universität Tübingen
Schleichstr. 12-16
D-72076 TübingenTel.: + 49 - 7071 298-7429
Fax: + 49 - 7071 29 -5038www.sehbahn.de
www.uni-tuebingen.de

Erklärung der aufklärenden Person:

Hiermit erkläre ich, den/die o.g. Teilnehmer/in am _____ über
Wesen, Bedeutung, Tragweite und Risiken der o.g. Studie mündlich und schriftlich aufgeklärt
und ihm/ihr eine Ausfertigung dieser Probandenaufklärung sowie der Einwilligungserklärung
übergeben zu haben.

Ort, Datum_____
Unterschrift Prof. Dr. med. Ulrich Schiefer

Anhang 7: Dokumentationsbogen Augenbefunde



08_FEL_crf2_Augenbefund_Vs.2014-06-15(6)

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____/____/____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐

FEL_crf2_Augenbefund

| Visus / Führungsverhalten |
|---|
| <p>1. Fern-Visus ohne Korrektur (geprüft mit einem Sehzeichenmonitor mit Zahlenreihen (VISUCAT, argus individuell optic GmbH, Putzbrunn/Germany) in 5,70 m Prüferentfernung)</p> <p>R: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>L: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> |
| <p>2. Fern-Visus mit Korrektur (eigene Brille, wenn vorhanden) (geprüft mit einem Sehzeichenmonitor mit Zahlenreihen (VISUCAT, argus individuell optic GmbH, Putzbrunn/Germany) in 5,70 m Prüferentfernung)</p> <p>R: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>L: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> |
| <p>3. Eigene Brillenkorrektur: (Vorzeichen bei Sphäre einkreisen ±)</p> <p>R: sph ± <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> dpt cyl - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> dpt A <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> °</p> <p>L: sph ± <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> dpt cyl - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> dpt A <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> °</p> |
| <p>4. Führungsauge (Rosenbach'scher Visierversuch):</p> <p>R: <input type="checkbox"/> nicht eindeutig <input type="checkbox"/></p> <p>L: <input type="checkbox"/> nicht eindeutig <input type="checkbox"/></p> |
| <p>5. Messung mit Korrektur (eigene Brille) in 4m Prüferentfernung</p> <p>JA: <input type="checkbox"/></p> <p>NEIN: <input type="checkbox"/></p> |
| <p>6. Für Messung verwendetes Auge</p> <p>R: <input type="checkbox"/></p> <p>L: <input type="checkbox"/></p> |



08_FEL_crf2_Augenbefund_Vs.2014-06-15(6)

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____/____/____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐

| Befunde | Ja | Nein | Wenn nicht regelrecht, welches Auge betroffen? | | Bemerkungen/Ergänzungen |
|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--|
| | | | R | L | |
| 1. Augeninnendruck? (Non-contact Tonometer [Tomey, FT - 1000, Nagoya / Japan]) | | | | | R: _____ mmHg Uhrzeit: _____ L: _____ mmHg Uhrzeit: _____ |
| 2. Räumliches Sehen? (Stereo - Lang - Test) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; display: inline-block;"></div> " |
| 3. Augenfehlstellungen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | _____ _____ |
| 4. Normale Augenbeweglichkeit? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ _____ |
| 5. Pupillen | | | | | |
| Anisokorie? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | R>L <input type="checkbox"/> _____ R<L <input type="checkbox"/> _____ |
| Dilatationsdefizit? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ _____ |
| Kontraktionsdefizit? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ _____ |
| Relativer afferenter Pupillendefekt? (RAPD swinging flashlight test) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Quantitativ: <input type="checkbox"/> , <input type="checkbox"/> log Einheiten _____ |



08_FEL_crf2_Augenbefund_Vs.2014-06-15(6)

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____/____/____

Untersucher: US ☐ IS ☐ JM ☐

| Befunde | Rechts | | Links | |
|---|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 6. Vorderer Augenabschnitt | | | | |
| Brechende Medien klar? | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ | | _____ | |
| 7. Intraokular reizfrei? | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ _____ | | _____ _____ | |
| 8. Augenhintergrund (direkte / indirekte Ophthalmoskopie) | | | | |
| Papille randscharf? | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ _____ | | _____ _____ | |
| Papille vital gefärbt? | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ | | _____ | |
| 9. Zentrale Exkavation? | Ja <input type="checkbox"/> CDR: _____ | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> CDR: _____ | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ | | _____ | |
| 10. ISNT Regel erfüllt? | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ | | _____ | |
| 11. Makula normal? | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ | | _____ | |
| Zentrale Fixation vorhanden? | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ | | _____ | |
| 12. Gefäße normal? | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ | | _____ | |
| 13. Peripherie normal? | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> |
| Auffälligkeiten und Bemerkungen | _____ | | _____ | |

Anhang 8: Probandenkriterien

09_FEL_Probandenkriterien_ Vs.2014-04-28 (3)

Studien-ID: FEL_IsJa

Patienten-ID: _____

**Einschluss- und Ausschlusskriterien für die Teilnahme an den wissenschaftlichen Studien an der HTW Aalen
FEL_IsJa****Einschlusskriterien:**

- ☐ Mindestalter: 18 Jahre
- ☐ Student der Hochschule Aalen
- ☐ Vorliegen einer unterzeichneten Einverständniserklärung
- ☐ Brille: sphärische Fehlsichtigkeit max.: - 2.00 dpt bis +5.50 dpt
- ☐ Brille: zylindrische Fehlsichtigkeit max.: 0 dpt bis 2.50 dpt
- ☐ Fern-Visus des untersuchten Auges ≥ 0.2 (Messung mit Visucat (VISUCAT argus individuell optic GmbH Putzbrunn/Germany) auf 5,70 m Beobachtungsabstand)

Ausschlusskriterien:**Allgemein:**

- ☐ Epilepsie/psychiatrische Erkrankungen
- ☐ Medikamente, die Reaktionszeit und / oder die Sehschärfenbestimmung bzw. die Brechkraft des Auges beeinflussen
- ☐ Augenoptische Ausbildung

Ophthalmologisch:

- ☐ Amblyopie (Schwachsichtigkeit)
- ☐ Schielen
- ☐ Glaukom (grüner Star) IOD > 22mmHg
- ☐ Augenzittern (Nystagmus)
- ☐ Diabetische Retinopathie (Blutzuckerbedingte Netzhauterkrankung)
- ☐ sehr trockene Augen (Sicca-Symptomatik)
- ☐ Augen-/Netzhautoperationen, die weniger als 3 Monate zurückliegen
- ☐ infektiöse Erkrankungen (Bindehautentzündung, Hornhautentzündung, Aderhautentzündung)
- ☐ pupillenverengende Medikamente
- ☐ ausgeprägte Augenverletzungen
- ☐ andere Augenerkrankungen, die die Abbildungsqualität beeinflussen
- ☐ Makulaerkrankungen
- ☐ Albinismus

Erfüllt der Proband alle Kriterien, um an der Studie teilzunehmen?Ja ☐ Nein ☐

Anhang 9: Permutationskette

10_FEL_Permutationskette_Vs.2014-04-28 (3)

<http://repl.it/>

```
%w(A B C D).permutation.to_a.each { |x| y=x.shuffle; if y.first==x.last then  
y.reverse! end; print x.join, " ", y.join, "\n" }
```

```
1.  ABCD ABCD  
2.  ABDC ABDC  
3.  ACBD ABDC  
4.  ACDB ACBD  
5.  ADBC DACB  
6.  ADCB ADCB  
7.  BACD BACD  
8.  BADC BADC  
9.  BCAD CABD  
10. BCDA BCAD  
11. BDAC DBAC  
12. BDCA BDCA  
13. CABD ACDB  
14. CADB CABD  
15. CBAD BACD  
16. CBDA BCAD  
17. CDAB DCAB  
18. CDBA DACB  
19. DABC DBCA  
20. DACB ACDB  
21. DBAC DCAB  
22. DBCA BCDA  
23. DCAB CADB  
24. DCBA CBDA
```

Anhang 10: Untersuchungsprotokoll



11_FEL_crf3_Untersuchung_MANN_Vs.2014-04-30(3)

Studien-ID: FEL_Reliab_Ja

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____ - ____ - ____

Untersucher: IS ☐ JM ☐**FEL_crf3_Untersuchung_MANN****1. Zuordnung der Teste**

A → ETDRS Tafel
 B → FrACT Nummernblock
 C → Landoltring Tafel
 D → FrACT haptischer Landoltring

2. 1. Testdurchlauf:

Permutationskette Nr: _____

| Permutation | | | | Visus | logMAR | Bemerkungen |
|-------------|---|---|---|-------|--------|-------------|
| A | B | C | D | | | |
| A | B | C | D | | | |
| A | B | C | D | | | |
| A | B | C | D | | | |

3. 2. Testdurchlauf:

| Permutation | | | | Visus | logMAR | Bemerkungen |
|-------------|---|---|---|-------|--------|-------------|
| A | B | C | D | | | |
| A | B | C | D | | | |
| A | B | C | D | | | |
| A | B | C | D | | | |

Anhang 11: Kontrollprotokoll ETDRS–Tafeln



13_FEL_crf3_Untersuchung_ETDRS_Vs.2014-04-30 (2)

(2)

Studien-ID: FEL_IsJa

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____-____-____

Untersucher: IS ☐ JM ☐

| FEL_crf3_Untersuchung_ETDRS_1 | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1. Testdurchlauf | | | | | |
| 2. Testdurchlauf | | | | | |
| 0.10 | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> S |
| 0.125 | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> H |
| 0.16 | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> K |
| 0.20 | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> O |
| 0.25 | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> V |
| 0.32 | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> Z |
| 0.40 | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> H |
| 0.50 | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> N |
| 0.63 | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> C |
| 0.80 | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> R |
| 1.00 | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> N |
| 1.25 | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> C |
| 1.60 | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> D |
| 2.00 | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> Z |
| = erkannt | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> = nicht erkannt | | | | | |



13_FEL_crf3_Untersuchung_ETDRS_Vs.2014-04-30 (2)
(2)

Studien-ID: FEL_IsJa

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____-____-____

Untersucher: IS ☐ JM ☐

FEL_crf3_Untersuchung_ETDRS_2

1. Testdurchlauf

2. Testdurchlauf

| | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0.10 | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> C |
| 0.125 | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> V |
| 0.16 | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> R |
| 0.20 | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> S |
| 0.25 | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> Z |
| 0.32 | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> D |
| 0.40 | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> K |
| 0.50 | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> Z |
| 0.63 | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> O |
| 0.80 | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> N |
| 1.00 | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> H |
| 1.25 | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> V |
| 1.60 | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> C |
| 2.00 | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> R |
| <p>= erkannt</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> = nicht erkannt</p> | | | | | |

| FEL_crf3_Untersuchung_ETDRS_3 | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1. Testdurchlauf | | | | | |
| 2. Testdurchlauf | | | | | |
| 0.10 | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> V |
| 0.125 | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> C |
| 0.16 | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> R |
| 0.20 | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> N |
| 0.25 | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> C |
| 0.32 | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> K |
| 0.40 | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> N |
| 0.50 | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> H |
| 0.63 | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> D |
| 0.80 | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> O |
| 1.00 | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> Z |
| 1.25 | <input type="checkbox"/> V | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> N | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> O |
| 1.60 | <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> H | <input type="checkbox"/> K | <input type="checkbox"/> S |
| 2.00 | <input type="checkbox"/> O | <input type="checkbox"/> R | <input type="checkbox"/> Z | <input type="checkbox"/> S | <input type="checkbox"/> K |
| = erkannt <input checked="" type="checkbox"/> = nicht erkannt | | | | | |

Anhang 12: Kontrollprotokoll Landoltring-Tafeln



14_FEL_crf3_Untersuchung_Landolt_Vs.2014-04-30 (2) (2)

Studien-ID: FEL_IsJa

Patienten-ID: _____

Untersuchungsdatum: ____/____/____

Untersucher: IS ☐ JM ☐

| FEL_crf3_Untersuchung_Landolt Chart | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|
| 1. Testdurchlauf | | | | | |
| 2. Testdurchlauf | | | | | |
| 0.20 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 0.25 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 0.32 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 0.40 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 0.50 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 0.63 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 0.70 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 0.80 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 1.00 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 1.25 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 1.60 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 2.00 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 2.50 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| 3.20 | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |

= erkannt
☒ = nicht erkannt